

UNIVERSITÀ POLITECNICA DELLE MARCHE

Corso di Laurea Magistrale in Ingegneria Gestionale



**IMPLEMENTAZIONE DELLA FILOSOFIA
LEAN PRODUCTION E 5S, CASO DI
STUDIO ARSTECH**

IMPLEMENTATION OF LEAN PRODUCTION AND 5S
PHILOSOPHY, ARSTECH CASE STUDY

Relatore:

Prof. Bevilacqua Maurizio

Tesi di Laurea di:

Vespa Lorenzo

INTRODUZIONE

L'oggetto di questa tesi è il lavoro di implementazione della filosofia della Lean Production e del Kaizen, avvalendosi anche delle 5S, all'interno dell'azienda ArsTech (TE), specializzata nella realizzazione di componenti in fibra di carbonio per la carrozzeria di vetture dalle elevatissime prestazioni quali Supercar, Le Mans, Endurance, Formula 3, Formula 4.

Con l'obiettivo di migliorare l'efficienza di alcuni reparti produttivi e intraprendere un nuovo modo di pensare basato sul "pensiero snello" o "Lean Thinking", ArsTech sta portando avanti un'analisi critica della propria catena, affidando questo incarico ad un Team di cui ho fatto parte per tutta la durata del mio tirocinio.

Attraverso delle riunioni settimanali, il lavoro è stato condotto mediante le seguenti fasi: analisi approfondita dell'attività di reparto, individuazione delle criticità e delle situazioni non consone ai principi Lean, individuazione e discussione delle possibili azioni correttive da intraprendere per eliminare o quantomeno ridurre i problemi emersi nella fase precedente, implementazione delle migliorie e loro valutazione, per verificare il raggiungimento degli obiettivi fissati.

Questo processo ha l'obiettivo di permettere ad Arstech di raggiungere degli standard di eccellenza sempre maggiori, e la sua periodica esecuzione si addice alla ricerca perenne della perfezione, come impone la filosofia giapponese del Kaizen.

Parallelamente a questo lavoro sono state svolte altre attività, che hanno riguardato in particolar modo l'ottimizzazione dell'efficienza del magazzino, il rispetto delle 5S attraverso la classificazione di utensili, attrezzi, postazioni ecc. e la progettazione della segnaletica orizzontale, l'acquisto di attrezzature Lean, l'aggiornamento del software gestionale.

INDICE

ARSTECH	8
1.1 GENERALITÀ.....	8
1.2 LAYOUT AZIENDALE	13
1.3 PROGETTI DI INNOVAZIONE	16
LE FIBRE DI CARBONIO	18
2.1 LA STORIA	19
2.2 PROPRIETÀ.....	20
2.3 CLASSIFICAZIONE	22
2.4 APPLICAZIONI	23
2.5 FOCUS SULL’AUTOMOTIVE.....	27
2.6 TECNOLOGIE DI REALIZZAZIONE.....	30
2.7 FORMATURA PER INIEZIONE DI RESINA (RTM)	31
2.8 FORMATURA IN AUTOCLAVE.....	32
2.9 PROSEGUIMENTO DEL CICLO PRODUTTIVO	34
LA LEAN PRODUCTION	36
3.1 LE ORIGINI.....	36
3.2 I CINQUE PRINCIPI	37
3.3 GLI OBIETTIVI.....	41
3.4 IL CONCETTO DI SPRECO.....	43
3.5 LA METODOLOGIA DELLE 5S.....	47
3.5.1 SIERI	49
3.5.2 SEITON	50
3.5.3 SEISO	52
3.5.4 SEIKETSU	52
3.5.5 SHITSUKE	53
3.6 IL JUST IN TIME	53
3.7 KAIZEN, VERSO IL MIGLIORAMENTO CONTINUO	57
IL REPARTO DI TAGLIO	65
4.1 L’ATTIVITÀ DI REPARTO	66
4.2 INDIVIDUAZIONE E ANALISI DELLE CRITICITÀ.....	72
4.3 INDIVIDUAZIONE DELLE POSSIBILI AZIONI CORRETTIVE	75

IL REPARTO INSERTI E RIEMPITIVI	79
5.1 L'ATTIVITÀ DI REPARTO	79
5.2 INDIVIDUAZIONE E ANALISI DELLE CRITICITÀ.....	88
5.3 INDIVIDUAZIONE DELLE POSSIBILI AZIONI CORRETTIVE	91
IL MAGAZZINO.....	95
6.1 L'ATTIVITÀ DI REPARTO	95
6.2 INDIVIDUAZIONE E ANALISI DELLE CRITICITÀ.....	98
6.3 INDIVIDUAZIONE DELLE POSSIBILI AZIONI CORRETTIVE	102
ALTRE ATTIVITÀ.....	105
7.1 OTTIMIZZAZIONE DELLE SPEDIZIONI	105
7.2 PROGETTAZIONE CASSE STANDARD.....	108
7.3 LAVORO DA UFFICIO ACQUISTI	110
7.4 PROGETTAZIONE SEGNALETICA ORIZZONTALE	113
7.5 REALIZZAZIONE CARTELLI ED ETICHETTE.....	115
7.6 AGGIORNAMENTO SISTEMA GESTIONALE	120
BIBLIOGRAFIA.....	122
SITI CONSULTATI	122

CAPITOLO 1

ARSTECH

1.1 GENERALITÀ

Nel cuore dell'Italia, a Controguerra in provincia di Teramo, tra la Val Vibrata e la Valle del Tronto Piceno, sorge la ArsTech Srl, grande impresa leader nella produzione di manufatti in materiali avanzati in fibra di carbonio destinati principalmente al settore automobilistico in ambito sportivo e vetture hypercar e supercar.



La società abruzzese, nata nel 2014, in particolare si occupa della progettazione, prototipazione e realizzazione di parti strutturali e componentistica come cofani, musetti, alettoni, parafanghi, consentendo ai propri clienti di spaziare da un'idea di base fino all'industrializzazione anche in serie del prodotto finale.

ArsTech ha investito 3,5 milioni di euro, con il sostegno della legge 181/89 gestita da Invitalia e attiva nelle aree di crisi, con l'obiettivo di riqualificare l'attuale sede operativa, attraverso l'acquisizione di impianti, macchinari e nuovi programmi informatici. Importante l'impatto occupazionale legato all'investimento, che ha superato le previsioni iniziali: attualmente l'azienda conta un totale di poco meno di 300 dipendenti, per un'età media di 28 anni.

Il suo flusso di valore si basa su un team di ingegneri e tecnologi esperti con oltre 30 anni di esperienza nel campo dei compositi. Di fatto, le risorse umane coinvolte nel progetto ArsTech possono vantare un background impressionante nella storia dei materiali compositi per autoveicoli, che vanno dalle auto da corsa alle prime supercar di sempre.

Come detto, è un'azienda volta alla creazione di componenti compositi ad alte prestazioni. È stata concepita fondendo competenze e risorse che portano a ciò che è veramente importante nella sua visione, incentrata totalmente sul cliente: risposta ultrarapida, alte prestazioni e alto rapporto qualità-prezzo. L'intero processo core è infatti gestito internamente puntando sulla rapida reattività al mercato, il miglior rapporto qualità-prezzo e un processo produttivo completamente sotto controllo.

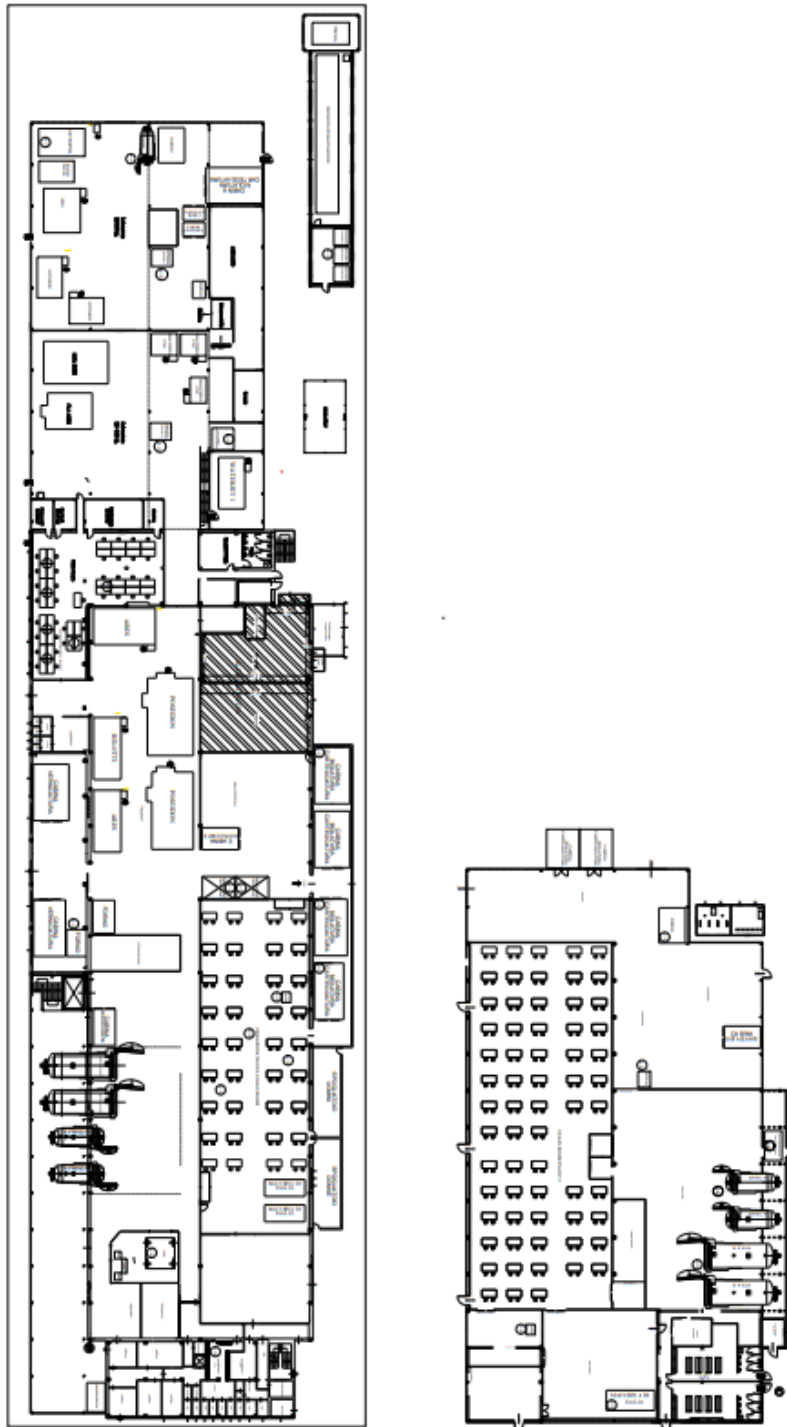


(fig. 1.1 stabilimento ArsTech a Colonnella, plant 1)

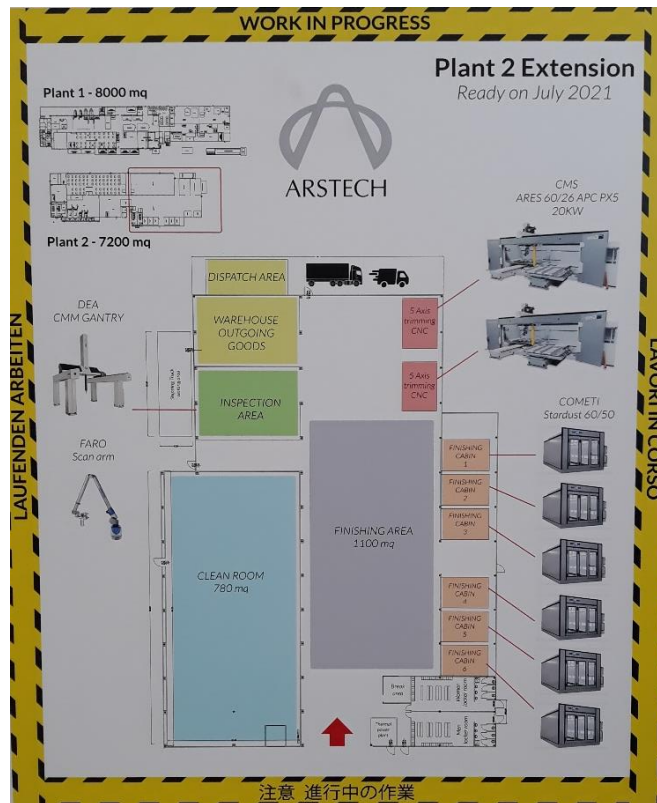
I servizi offerti vanno dal design all'ingegneria, dal co-design alla prototipazione, dalla produzione fino a industrializzazione, montaggio e controllo di qualità. L'offerta è completata dalla produzione di attrezzature, come modelli e stampi, e servizi, come progettazione e ingegnerizzazione.

L'azienda gode di un parco macchine con pochi eguali a livello nazionale, organizzati su due capannoni che diventeranno tre entro luglio/agosto 2021; sono presenti una clean room,

autoclavi, macchine automatiche per il taglio delle materie prime, macchine a controllo numerico computerizzato (CNC), braccio scanner 3D per il controllo qualità, forni, area di modellera, area di assemblaggio e finitura ed altre ancora che verranno presentate più nel dettaglio nel corso dell'elaborato.



(fig. 1.2 piantina ArsTech)



(fig. 1.3 manifesto progetto nuovo capannone affisso in azienda)

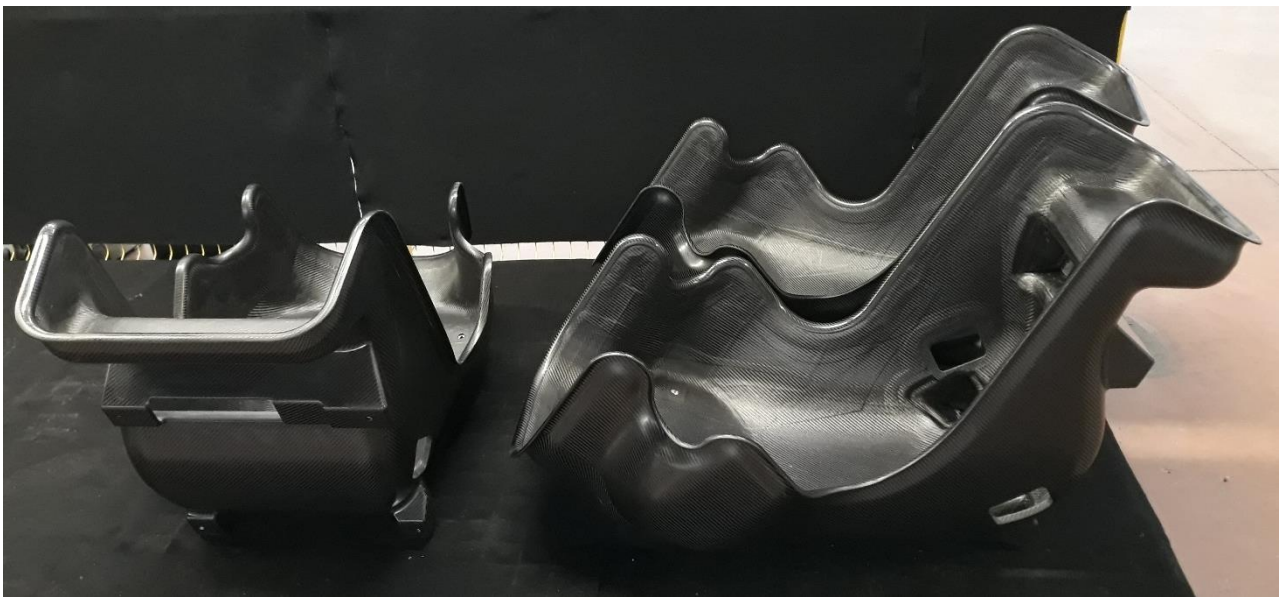
Fin dall'anno a cui risale la sua fondazione ArsTech lavora per i più prestigiosi brand al mondo del settore, che competono nei più importanti campionati endurance mondiali. Tutte le lavorazioni vengono effettuate in uno stabilimento all'avanguardia sviluppato su due poli produttivi, per una superficie totale di 16.000 mq. Nel 2019, ArsTech ha vinto un bando promosso dal Ministero dello Sviluppo Economico grazie ad un piano di sviluppo che prevedeva l'assunzione di oltre 100 lavoratori in 3 anni: obiettivo raggiunto in un solo anno e mezzo.

Dalla sua fondazione ad oggi, l'impresa ha impiegato 300 lavoratori, assumendo 70 persone in più nel 2020, in piena pandemia. Una crescita imponente, anche in termini di fatturato.

Questa crescita è testimoniata, oltre che dal riconoscimento ottenuto da Invitalia, anche dall'ottimo risultato raggiunto, durante l'ultima gara "24 ore di Le Mans", dalla scuderia francese Oreca grazie ai componenti in carbonio progettati proprio dalla ArsTech: Oreca si è infatti classificata prima assoluta nella categoria Lmp2 e seconda, dietro solo alle Toyota, nella classifica generale Lmp1.



(fig. 1.4 componente in fibra di carbonio)



(fig. 1.5 sedili in carbonio)

Il General Manager, Piero Consorti, la definisce "un'azienda del territorio, che ha a cuore il suo territorio". Si continuerà per questo ad investire nel futuro, in quanto si crede fortemente nelle potenzialità di sviluppo del tessuto economico e sociale della zona.

Ed è proprio in quest'ottica che ArsTech finanzierà, realizzerà e manterrà, in collaborazione con la provincia di Teramo un'importante opera di riqualificazione urbanistica di un'area da sempre poco valorizzata: si tratta della rotatoria della SP1 a Controguerra, in corrispondenza dell'uscita di Monsampolo del Tronto (AP). Al centro della rotatoria sorgerà un esemplare della Aspark Owl: una hypercar full-electric con un'accelerazione da 0 a 100 in 1.69 secondi (velocità massima 400 km/h), maggiore addirittura di alcuni jet aerei e shuttle spaziali, e di cui esistono solo 4 esemplari in tutto il mondo. La Aspark Owl è un'invenzione della società giapponese Aspark; è progettata da Manifattura Automobili Torino (MAT), mentre la sua struttura in carbonio (telaio e carrozzeria) è prodotta proprio da ArsTech.

1.2 LAYOUT AZIENDALE

L'azienda si estende su due capannoni, all'interno dei quali sono collocati i vari reparti o stazioni di lavoro previste dal processo produttivo delle fibre in carbonio.

Oltre alla zona degli uffici, dove lavorano le risorse addette all'amministrazione e al commerciale, si possono osservare i vari reparti.

Il reparto di taglio, quello da cui parte il ciclo, si trova al plant 2, ed è adibito alla preparazione dei kit di carbonio tagliato; questo centro è collegato tramite porta scorrevole alla clean room, dove viene eseguita la laminazione delle dime di carbonio sopra gli stampi.

La clean room è il reparto nevralgico della produzione; è infatti quello che impiega il maggior numero di risorse e quello a cui è rivolta maggiore attenzione da parte dei Project Manager: la buona riuscita del prodotto finale dipende fortemente dalla qualità del lavoro svolto dai laminatori.



(fig. 1.6 area clean room, reparto di laminazione)

Dopo la laminazione, i semilavorati vengono portati nella zona delle autoclavi, dove, previa preparazione del sacco per creare il vuoto, vengono sottoposti ad un ciclo di cura che permette alla resina di aderire perfettamente al tessuto, come si vedrà meglio in seguito.

Effettuata l'estrazione del pezzo dallo stampo, svolta anch'essa nel reparto autoclavi, il pezzo viene portato in finitura, dove viene ripulito dalle impurità. A questo punto si passa alle eventuali lavorazioni meccaniche, svolte nell'area Tools del plant 1, dove si trovano macchine Ares, Poseidon, Belotti, Antares, Mdl, Octopus, a cui si aggiungono cabine di molatura, carteggiatura, fresatura ad acqua (waterjet), modelliera, e altre macchine CNC per la lavorazione degli inserti metallici.



(fig. 1.7 reparto di finitura)

Al centro dell'area Tools si trova anche l'ufficio tecnico, collocato in questa posizione soprattutto per favorire il contatto diretto tra PM e i vari capi reparto, e tra i disegnatori CAD/CAM e gli operatori a bordo macchina. ArsTech infatti fa della stretta collaborazione tra tutti i membri della catena produttiva uno dei suoi punti di forza, che le permette di reagire prontamente agli errori, che vanno sempre messi in conto, e di trovare immediate soluzioni ai problemi che emergono, coordinando al meglio le conoscenze e il know-how dei propri ingegneri e la decennale esperienza di tecnologi ed operatori.

Terminate le lavorazioni si procede poi con il reparto di controllo qualità, e se il pezzo viene definito "conforme" si porta in magazzino, nell'area sud-est del plant 1, dove verrà preparato per la spedizione.



(fig. 1.8 box di controllo qualità)

1.3 PROGETTI DI INNOVAZIONE

Grazie alle agevolazioni previste dal Programma Operativo Nazionale "Imprese e Competitività" 2014-2020 FESR, a valere sul Fondo per la crescita sostenibile, ArsTech ha realizzato un progetto di ricerca e sviluppo dal titolo "One Shot Cure", ideato con l'Università Politecnica delle Marche, attraverso cui il telaio (o chassis), preventivamente scomposto in vari sotto-componenti realizzati con tecnologie e materiali diversi, viene opportunamente assemblato e realizzato utilizzando un solo procedimento di stampaggio in autoclave, comportando quindi una maggiore semplicità di produzione, una riduzione dei tempi di fabbricazione ed una maggiore economicità, ottenendo un telaio praticamente finito, pronto per il montaggio della vettura.

Il processo nel suo complesso è un processo al minimo impiego di manodopera, affidabile e ripetibile, che genera un prodotto con livelli prestazionali e di affidabilità superiori rispetto a quelli realizzati con sistemi tradizionali di giunzione di componenti in materiale composito.

L'innovazione tecnologica portata avanti nel progetto realizza un'innovativa tecnica di giunzione a caldo dei componenti e sotto-componenti in materiale composito superando i

limiti di adesione delle tecniche di assemblaggio tradizionali (incollaggio a freddo o utilizzo di rivetti e fermi meccanici) mantenendo una superficie chimicamente attiva. La reazione determinata dal nuovo sistema forma una nuova giunzione: aree parzialmente indurite vengono mantenute vicine nelle zone da unire dal processo, in modo che la reazione di cross-linking possa avvenire. Questo crea un join senza soluzione di continuità, senza legami secondari e/o adesivi.



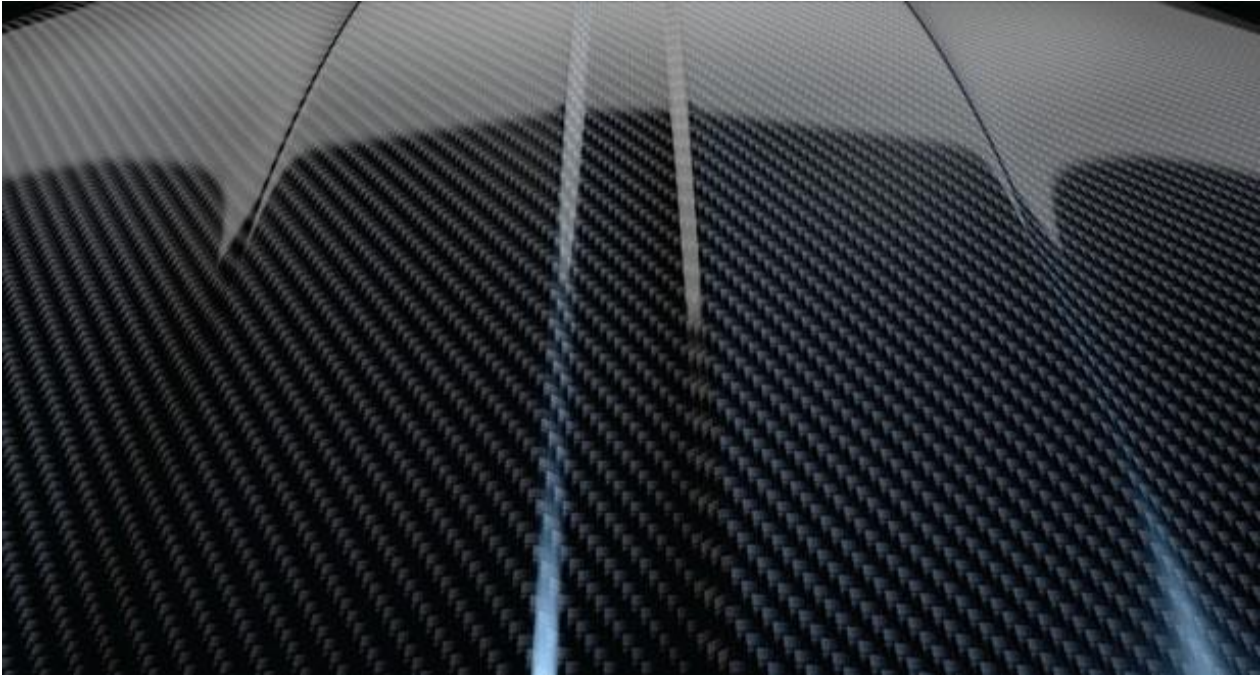
(fig. 1.9 esempio di prodotto finito assemblato)

CAPITOLO 2

LE FIBRE DI CARBONIO

Nella scienza e tecnologia dei materiali la fibra di carbonio è un materiale avente una struttura filiforme, molto sottile, realizzato in carbonio, utilizzato in genere nella realizzazione di una grande varietà di "materiali compositi", così chiamati in quanto sono costituiti da due o più materiali, le fibre di carbonio e una cosiddetta matrice, in genere di resina (ma può essere in altro materiale plastico o in metallo) la cui funzione è quella di tenere in "posa" le fibre resistenti (affinché mantengano la corretta orientazione nell'assorbire gli sforzi), di proteggere le fibre ed inoltre di mantenere la forma del manufatto composito.

Per la realizzazione di strutture in composito le fibre di carbonio vengono dapprima intrecciate in veri e propri panni in tessuto di carbonio e una volta messi in posa vengono immersi nella matrice. Tra le caratteristiche della fibra di carbonio spiccano l'elevata resistenza meccanica, la bassa densità, la capacità di isolamento termico, resistenza a variazioni di temperatura e all'effetto di agenti chimici, oltre a buone proprietà ignifughe. Di contro il materiale composito in fibre di carbonio risulta non omogeneo e presenta spesso una spiccata anisotropia, ovvero le sue caratteristiche meccaniche hanno una direzione privilegiata.



(fig. 2.1 la fibra di carbonio)

Il termine fibra di carbonio viene utilizzato spesso in maniera impropria per riferirsi al materiale composito di cui la fibra di carbonio è un componente.

2.1 LA STORIA

Abbott nel 1950 riuscì a produrre fibra di carbonio carbonizzando il rayon ad una temperatura di circa 1000 °C, ottenendo un materiale con una resistenza a trazione di 280 MPa. Houtz nello stesso anno scoprì che la fibra di carbonio poteva essere prodotta anche a partire da poliacrilonitrile (PAN) riscaldando tale polimero in aria a 300 °C.

Roger Bacon, fisico e scienziato dei materiali presso il Parma Technical Center, in Ohio, nel 1958 creò la prima fibra di carbonio ad alte prestazioni: consisteva principalmente in sottili filamenti di grafite disposti in fogli o in rotoli; i fogli si estendevano in modo continuo sull'intera lunghezza del filamento di grafite. Dopo avere sviluppato la fibra di carbonio, Bacon stimò il costo della produzione a "10 milioni di dollari per libbra". La fibra di carbonio creata da Bacon rappresentò una scoperta di notevole rilievo a quell'epoca, e gli scienziati e gli industriali furono determinati nel trovare una metodica produttiva efficiente e meno costosa.

Akio Shindo nel 1959 migliorò le caratteristiche della fibra di carbonio prodotta da PAN sottoponendo tale polimero a carbonizzazione. Union Carbide nello stesso anno sfruttò il processo di Abbott per la produzione e commercializzazione di fibra di carbonio da rayon.

Sugio Otani nel 1963 evidenziò la possibilità di produrre fibra di carbonio dalla pece.

E. Fitzer e H. Schlesinger nel 1966 produssero per la prima volta fibra di carbonio da fase gassosa.

Carr Reinforcements il 14 gennaio 1969 produsse il primo tessuto in fibra di carbonio.

Kureha Chemical Industries nel 1970 iniziò la commercializzazione di fibra di carbonio da pece.

Morinobu Endo nel 1974 migliorò il processo di produzione di fibra di carbonio da fase gassosa: evidenziò come l'accrescimento di tale fibra di carbonio potesse essere promosso grazie alla catalisi. Tale fibra di carbonio comunque non è mai stata commercializzata.

Irwin C. Lewis e Leonard Singer nel 1976 misero a punto il processo per la produzione di fibra di carbonio da pece anisotropica: le proprietà meccaniche di questa fibra di carbonio ebbero un notevole incremento.

2.2 PROPRIETÀ

Le fibre di carbonio hanno proprietà molto simili all'asbesto, ma al contrario di quest'ultimo il loro utilizzo non comporta rischi per la salute.

Ogni intreccio di filamenti di carbonio costituisce un insieme formato dall'unione di molte migliaia di filamenti. Ciascun singolo filamento ha una forma approssimativamente cilindrica del diametro di 5-8 μm e consiste quasi esclusivamente di carbonio (almeno il 92%).

La struttura atomica della fibra di carbonio è simile a quella della grafite, consistendo in aggregati di atomi di carbonio a struttura planare (fogli di grafene) disposti secondo simmetria esagonale regolare. La differenza consiste nel modo in cui questi fogli sono interconnessi. La grafite è un materiale cristallino in cui i fogli sono disposti parallelamente l'uno rispetto all'altro formando una struttura regolare. I legami chimici che si instaurano tra

i fogli sono relativamente deboli (legami di Van der Waals), conferendo alla grafite la sua caratteristica delicatezza e fragilità.

I compositi a matrice polimerica epossidica con fibre di carbonio hanno le seguenti proprietà:

- bassa densità (40% minore dell'alluminio);
- alta resistenza (paragonabile agli acciai ad alta resistenza);
- alta rigidità (come le leghe di titanio, ma con densità decisamente inferiori);
- buona resistenza a fatica;
- buona resistenza al creep;
- basso coefficiente di attrito e buona resistenza all'invecchiamento;
- alta tenacità (si possono realizzare laminati più tenaci dei metalli);
- resistenza chimica (controllata dalla matrice);
- resistenza alla corrosione;
- stabilità dimensionale;
- eccellente smorzamento delle vibrazioni;
- bassa resistenza elettrica;
- alta conducibilità termica (più elevata dell'alluminio, ma minore del rame);
- alta interferenza elettromagnetica (con effetto schermante);
- elevata inerzia chimica nei confronti di moltissime soluzioni acquose vanno incontro a deterioramento se vengono a contatto con metalli e ossidi metallici a temperature superiori di 1000 K;
- la densità tipica della fibra di carbonio è 1750 kg/m^3 ; la resistenza meccanica dei differenti tipi di filato varia tra i 2 e i 7 GPa.

2.3 CLASSIFICAZIONE

A seconda delle loro caratteristiche meccaniche, le fibre di carbonio possono essere classificate commercialmente in:

- GP (General Performance): caratterizzati da una minore resistenza a trazione, inoltre hanno un modulo d'elasticità o modulo di Young non superiore a 200 GPa;
- LM (Low Modulus): presentano valori bassi del modulo di Young;
- HP (High Performance): caratterizzati da una maggiore resistenza a trazione;
- HT (High Tensile Strength): presentano valori elevati della resistenza a trazione (maggiore di 3000 MPa) e valori standard del modulo di Young (intorno a 150-300 GPa);
- IM (Intermediate Modulus): presentano valori moderati del modulo di Young (intorno a 275-350 GPa);
- HM (High Modulus): presentano valori elevati del modulo di Young (maggiori di 300 GPa);
- UHM (UltraHigh Modulus): presentano valori elevatissimi del modulo di Young (maggiori di 600 GPa);
- SM (Standard Modulus): hanno un modulo di Young inferiore a 250 GPa e sono diffuse nell'ingegneria civile, unitamente alle fibre ad alta tenacità di tipo HT, HM e UHM.

Dal punto di vista del processo dalle quale sono ottenute, le fibre di carbonio sono classificate inoltre in:

- fibre di carbonio da poliacrilonitrile (PAN): ottenute attraverso stabilizzazione, carbonizzazione ed eventuale trattamento termico ad elevata temperatura del poliacrilonitrile. Il 90% delle fibre di carbonio sono attualmente prodotte secondo questa metodologia;
- fibre di carbonio da pece isotropica: ottenute da fibre di pece sottoposte a stabilizzazione e carbonizzazione;

- fibre di carbonio da pece anisotropica (MPP, Mesophase Pitch): ottenute da pece mesogena convertita in pece mesofasica durante la filatura. Tale pece mesofasica è poi sottoposta a stabilizzazione, carbonizzazione e trattamento termico ad elevata temperatura;
- fibre di carbonio da rayon: ottenute da fibre di rayon sottoposte a pretrattamento chimico e carbonizzazione. Tale tipologia di fibre di carbonio non vengono più prodotte industrialmente;
- fibre di carbonio da fase gas: ottenute da una fase gassosa contenente idrocarburi e catalizzatori solidi. Queste fibre di carbonio non sono attualmente commercializzate.

A seconda della materia prima utilizzata per produrre la fibra, la fibra di carbonio può essere turbostratica o grafitica, ovvero possedere una struttura ibrida in cui sono presenti sia parti turbostratiche che grafitiche. Nella fibra di carbonio turbostratica, ovvero con struttura cristallina formata da piani ciascuno deviato lateralmente rispetto all'altro, i fogli di atomi di carbonio sono uniti in modo casuale o ripiegati insieme. Le fibre di carbonio ottenute dal PAN sono turbostratiche, mentre le fibre di carbonio derivate dalla mesofase pece sono grafitiche dopo riscaldamento a temperature superiori a 2200 °C. Le fibre di carbonio turbostratiche tendono ad avere maggior carico di rottura, mentre le fibre derivate dalla mesofase pece sottoposte a trattamento termico possiedono elevata rigidità (modulo di Young) ed elevata conducibilità termica.

2.4 APPLICAZIONI

La fibra di carbonio è prevalentemente utilizzata per rinforzare i materiali compositi, in particolare quelli a matrice polimerica. I materiali così ottenuti presentano elevata resistenza, leggerezza, basso costo e un certo valore estetico. Per tali motivi, i materiali in fibra di carbonio trovano largo impiego in una molteplicità di ambiti dove il peso e la resistenza meccanica dell'oggetto sono fattori determinanti o in prodotti di consumo semplicemente per finalità estetiche.

Uno di tali settori è il settore dei trasporti, dove la leggerezza del mezzo è associata ad un minore consumo di carburante. Ad esempio, il Boeing 787 è costruito in parte da materiali in

fibra di carbonio. A tale scopo, molto raramente si usano lastre piane di composito piegandole a caldo, viene infatti preferita la tecnica di polimerizzazione delle resine direttamente su uno stampo, impregnando ogni strato di tela di fibra alla volta, spesso comprimendo il tutto per migliorare l'uniformità dello spessore.



(fig. 2.2 Boeing 787 in materiali compositi)

La leggerezza di tali materiali è sfruttata anche in ambito sportivo, dove il minor peso dell'attrezzatura sportiva permette di aumentare la resistenza degli atleti. In particolare, tali materiali sono utilizzati nella costruzione di auto da corsa, ombrea (strumento per la modellazione del vetro), biciclette, canoe, sci nautici, soles di alcune scarpe da calcio (per renderle più flessibili e leggere), mazze da golf, canne da pesca, racchette da tennis, tiro con l'arco, caschi di protezione, carrozzerie e componenti per auto da competizione, rivestimenti aeromobili, costumi professionali da nuoto.

I materiali compositi costituiscono al giorno d'oggi un elemento imprescindibile se si vogliono raggiungere determinate performance in ambito automobilistico. Infatti, tali materiali, se correttamente progettati, uniscono eccezionali caratteristiche meccaniche ad una altrettanto eccezionale riduzione di peso della struttura e sono in grado di ereditare solo le migliori

caratteristiche dai loro componenti e addirittura di maturarne delle nuove. Le fibre posseggono elevate caratteristiche di rigidità e resistenza a trazione. In virtù della loro struttura filamentosa che le rende meno inclini alla presenza di difetti (dislocazioni). Di conseguenza, sono le fibre a definire globalmente il comportamento meccanico del composito. Prendiamo, ad esempio, una lamina unidirezionale; essa, pur avendo una resistenza elevatissima nella direzione delle fibre, risulterà particolarmente debole nella direzione ad esse ortogonali dove il contributo di resistenza è dato dalla sola matrice. Da qui la necessità di disporre le fibre in maniera tale da distribuire più uniformemente le proprietà all'interno del composito; a tal fine, o si intrecciano le fibre in due o più direzioni nella stessa lamina oppure si sovrappongono più lamine unidirezionali con diversa orientazione a formare un laminato. Dall'enorme fase di sviluppo che i materiali compositi stanno attraversando, sono chiari i vantaggi che tali materiali portano con sé nel settore racing: elevata rigidità e resistenza meccanica, maggiore resistenza alle sollecitazioni dinamiche, maggiore capacità di assorbimento dell'energia di crash, maggiore resistenza alla corrosione e alle aggressioni chimiche, per citarne alcune. Il tutto accompagnato da un risparmio di peso considerevole, stimabile intorno al 25 per cento rispetto ad una generica lega leggera.

A questi eccezionali vantaggi però, si affiancano degli svantaggi che limitano (per il momento) il loro utilizzo come componente strutturale ad applicazioni di "nicchia", che in ambito automotive si identifica nel mondo delle corse e delle super/hyper car. Primo fra tutti il costo di questi materiali, prevalentemente legato alla loro realizzazione e stimabile intorno a tre volte quello di una generica lega leggera. Inoltre, si presentano problematiche legate al possibile invecchiamento della matrice, ad una spiccata inefficacia delle operazioni di riparazione (irreversibilità del danno), oltre che a grosse difficoltà relative al loro riutilizzo e smaltimento.

Un altro ambito in cui vengono sfruttate la leggerezza e il basso costo dei materiali in fibra di carbonio è l'industria musicale. Questi materiali vengono utilizzati con un ottimo risultato nel rapporto qualità-prezzo nella costruzione di chitarre e archi per violino, viola e violoncello.

In virtù della loro resistenza e leggerezza, i materiali in fibra di carbonio vengono utilizzati anche nella produzione delle casse e del quadrante degli orologi.

L'elevata resistenza meccanica e termica dei materiali in fibra di carbonio li rende inoltre adatti alla costruzione di oggetti che devono resistere a condizioni estreme (ad esempio elevata temperatura e pressione), tra cui recipienti per gas compressi (ad esempio per aria compressa) e sonde spaziali.

Le fibre di carbonio possono essere associate anche a matrici in materiale non polimerico. A causa della formazione di carburi (per esempio il carburo di alluminio, idrosolubile) e a problematiche legate a fenomeni di corrosione, l'utilizzo del carbonio in compositi a matrice metallica è poco sviluppato. Il carbonio-carbonio (RCC, Reinforced Carbon-Carbon) consiste in un rinforzo di fibra di carbonio in una matrice di grafite e viene utilizzato in applicazioni che richiedono l'esposizione a temperature elevate, come nel caso degli scudi termici dei veicoli spaziali o dei freni delle auto di Formula 1. Questo materiale è utilizzato anche per la filtrazione di gas ad alta temperatura, come elettrodo a elevata area superficiale e resistente alla corrosione, e come componente antistatico.

Gli intrecci di filamenti di fibra di carbonio sono utilizzati in diversi processi, tra i quali spiccano il rinforzo di materiale plastico, la tessitura dei filamenti e la poltrusione. Il filato di fibra di carbonio viene classificato in base alla sua densità lineare (peso per unità di lunghezza, con $1 \text{ g} / 1000 \text{ m} = 1 \text{ tex}$) o in base al numero di filamenti per filato. Ad esempio, 200 tex per 3000 filamenti di fibra di carbonio sono tre volte resistenti rispetto a 1000 fibre di carbonio, ma anche tre volte più pesanti. Questo filato può essere utilizzato per creare vari tessuti, il cui aspetto dipende generalmente dalla densità lineare del filato e dal tipo di tessitura eseguita. Alcuni tipi di tessuti comunemente utilizzati sono la saia, il raso e la tela.

La fibra di carbonio è sempre più utilizzata per fabbricare apparecchiature medicali dovuto sia alla sua trasparenza ai raggi X che alla sua robustezza. Possiamo trovare fibra di carbonio su tavoli per sostegno e posizionamento di pazienti nelle sale radiologiche, aiuti alla mobilità come stampelle ortopediche o canadesi, bastoni, deambulatori o carrozzelle, apparecchiature ortopediche quali ortesi, protesi o esoscheletri.

2.5 FOCUS SULL'AUTOMOTIVE

A differenza di quelle in vetro, le fibre di carbonio possono essere molto sfruttate nel campo dell'automobilismo: interni, scocche, telai, cerchioni e altri componenti possono essere prodotti con proprietà eccellenti.

Il primo utilizzo risale al 1981, quando la scuderia McLaren ha utilizzato fibre di carbonio in resina epossidica (carboresina) per realizzare il telaio della propria monoposto. Tale soluzione risultò subito così superiore alle tecniche precedenti (anche sotto l'aspetto della sicurezza per il pilota) che nel giro di due anni venne adottata da tutti gli altri costruttori. Il motivo dell'uso di materiali compositi può essere facilmente spiegato confrontando i valori di rigidità specifica e resistenza specifica che tali materiali presentano rispetto ai materiali più tradizionali. Oggi, il 60% circa del peso di una vettura di Formula Uno è fatto di materiali compositi (costituiti per lo più da fibre di carbonio); essi sono impiegati per costruire la monoscocca, il musetto, parti delle sospensioni e ancora la frizione ed i dischi dei freni.

L'uso di compositi garantisce alla struttura rigidità, resistenza e leggerezza e, soprattutto, ampie possibilità di scelta di soluzioni progettuali. Utilizzando i compositi, infatti, si può variare una forma senza modificare le proprietà meccaniche della struttura, semplicemente orientando le fibre nelle direzioni che meglio rispondono alle sollecitazioni applicate. I telai odierni in composito utilizzano carbonio e kevlar e riescono a pesare 50 kg, sui 540 kg dell'automobile. Ciò implica che per raggiungere i 620 kg minimi imposti si debba aggiungere una zavorra di ben 80 kg, circa un ottavo del peso totale.

Per quanto riguarda il mondo delle fuoriserie, l'utilizzo del carbonio ha un successo altrettanto grande. Nel 2002 viene presentata la "Enzo Ferrari", prodotta in serie limitata di 399 esemplari più uno. Per il progetto della Enzo, il telaio è stato realizzato interamente con sandwich di fibre di carbonio ed honeycomb di alluminio. Questa scelta ha permesso di soddisfare gli elevati requisiti richiesti in termini di rigidità, leggerezza e sicurezza.

L'utilizzo per la carrozzeria di materiali compositi avanzati, mediante realizzazione dei particolari con fibre di carbonio e Nomex, in pannelli sandwich, non solo ha consentito di strutturare la scocca ottenendo un deciso contenimento dei pesi, ma anche permesso la realizzazione delle forme "estreme" dal punto di vista dello stile. Anche gli elementi funzionali interni sono in carbonio (con fibre a vista) e sono agganciati ad una struttura in alluminio,

oltre al sedile racing. Infine, da sottolineare la presenza di freni in composito carbonio-carbonio. Il peso della vettura è di 1255 kg, e il rapporto peso potenza è di 2,07 kg/CV.

La casa automobilistica italiana più sviluppata per quanto riguarda l'utilizzo dei compositi è tuttavia la Lamborghini che già nel 1983, prendendo spunto dalla Formula 1, sviluppò un telaio prototipale della Lamborghini Countach completamente in carbonio. Essa, infatti, ha fondato l'Advanced Composites Research Center (ACRC), con sede a Sant'Agata Bolognese, per lo sviluppo e la ricerca dei materiali compositi. L'ACRC è composto da due stabilimenti: il PrePreg Center (PPC), dove vengono sviluppate tecnologie associate al materiale composito preimpregnato, in cui vengono costruiti sia componenti che attrezzature, e l'Out of Clave Center (OoCC), dove vengono sviluppate tecnologie fuori dall'autoclave, come press moulding, RTM, RTM light (coperto da numerosi brevetti) e il forged composit (anch'esso coperto da brevetti). Inoltre, il 6 Ottobre 2009 viene presentato l'"Advanced Composite Structures Laboratory Automobili Lamborghini" (ACSL), presso l'Università di Washington. Questo grande lavoro nei compositi ha portato alla creazione della Lamborghini Sesto Elemento, presentata al Salone di Parigi del 2010. L'auto prende il nome dal sesto elemento della tavola periodica, che è appunto il carbonio, largamente utilizzato; sono infatti di plastiche rinforzate in fibra di carbonio (CFRP) la cellula dell'abitacolo, l'intera sezione frontale, la carrozzeria, i paraurti, i cerchi, rinforzi di assorbimento d'urto, i bracci delle sospensioni, l'albero di trasmissione e il telaio. Il peso della Sesto elemento è di 999 kg, contro i 1340 kg della Lamborghini Gallardo LP 570-4 Superleggera, sempre del 2010, e può vantare un rapporto peso/potenza di 1,75 kg/CV che la porta ad una accelerazione da 0 a 100 km/h in 2,5 secondi.



(fig. 2.3 Lamborghini Sesto Elemento)

Il carbonio non è però da considerarsi una esclusiva delle fuoriserie; la FIAT ha iniziato a usare compositi rinforzati con questi tipi di fibre per serbatoi di auto a metano ma anche in alcuni prototipi di vetture di serie che utilizzano come vettore di energia l'idrogeno. In queste auto la fibra di carbonio è sfruttata come recipiente di gas in pressione, grazie alla sua proprietà di contenere i gas stessi, o nelle bombole di metano, o nelle fuel cell, pile a combustibile, ossia dispositivi elettrochimici che permettono di ottenere elettricità direttamente da certe sostanze, tipicamente da idrogeno e ossigeno, senza che avvenga alcun processo di combustione termica. Esempio è il prototipo della FIAT Panda Hydrogen, automobile ad emissioni zero, realizzata dalla casa torinese, nel 2005, con il sostegno dei Ministeri della Ricerca e dell'Ambiente. Il serbatoio da 110 litri è completamente in fibra di carbonio, pesa 2,4 kg e riesce a sopportare una pressione dell'idrogeno di 900 bar, contro i 350 bar d'esercizio calcolati. Stesso utilizzo delle fibre si ha nella Panda MultiEco, vettura a metano presentata assieme alla Hydrogen, che ha bombole per lo stoccaggio in acciaio altoprestazionale e fibra di carbonio.

Anche i nanotubi di carbonio possono avere un utilizzo nel settore automobilistico. Il primo utilizzo è ancora quello di fuel cell, con il vantaggio di riuscire a contenere idrogeno liquido alla temperatura di 20 K (-253°C), evitando di avere serbatoi di grandi dimensioni. Un ulteriore utilizzo, ancora in via di sviluppo e ideato dal ricercatore italiano Riccardo Signorelli, si ha nelle

batterie da auto: con i nanotubi si ha la possibilità di creare capacitori con grandi potenze specifiche, capaci di caricarsi e scaricarsi quasi istantaneamente, che potrebbero soppiantare le batterie. L'obiettivo è arrivare alla dimensione di una batteria da torcia, capace di contenere meno energia di una batteria elettrochimica, ma in grado di caricarsi e scaricarsi in due secondi. Aggregato alla batteria di un veicolo, questo ultracondensatore si attiverebbe per l'avviamento, le accelerazioni e decelerazioni rapide, allungando la vita della batteria e riducendo dimensioni e costi. Sarebbe la soluzione ideale per alcuni dei problemi fondamentali delle batterie al litio: durata, costo e dimensioni.

2.6 TECNOLOGIE DI REALIZZAZIONE

Numerose sono le tecnologie di fabbricazione utilizzabili per la realizzazione di elementi in materiali compositi; è possibile ottenere materiali con caratteristiche fisico-meccaniche elevatissime e con elevatissima percentuale volumetrica di fibre ed è altresì possibile ottenere elementi con caratteristiche meno elevate ma con costi di produzione notevolmente ridotti.

Le tecnologie di fabbricazione di elementi in materiale composito variano secondo la forma, dimensione e proprietà richieste al pezzo finito. In funzione delle caratteristiche che si vogliono ottenere da un elemento in composito, della necessità o meno di riproduzione dello stesso o di una produzione in continuo, le tecnologie possono essere distinte in tecnologie in cui si impiegano stampi chiusi o stampi aperti; ancora, le tecnologie possono essere distinte in continue o discontinue e manuali e automatizzate.

Con il termine stampo aperto si indica uno stampo che consente l'ottenimento di una sola superficie a finitura controllata dei particolari. Nel caso dei sistemi di rinforzo in ingegneria civile gli stampi sono costituiti dagli stessi elementi strutturali che vengono rinforzati. I processi a stampo aperto si prestano comunemente alla fabbricazione di parti molto voluminose: in questi casi sarebbe praticamente impossibile disporre di stampi chiusi per la loro difficile movimentazione legata al peso eccessivo. Nel campo dell'ingegneria civile, usando delle fibre secche, l'impregnazione viene eseguita tramite un pennello, al momento dell'esecuzione del particolare, contemporaneamente all'adattamento degli strati alla superficie dello stampo che nel caso specifico è costituito dal supporto in muratura o in

cemento armato. Le inevitabili bolle d'aria tra gli strati vengono eliminate eseguendo una rullatura ed eventualmente, qualora siano richiesti migliori risultati, ricorrendo ad un sacco a vuoto. Questa serie di operazioni presenta però degli inconvenienti rispetto a tecnologie di fabbricazione più avanzate: in primo luogo, impregnando le fibre a mano si utilizza un quantitativo di resina superiore a quello strettamente necessario, ed è assai difficoltoso, anche ricorrendo alla formatura sottovuoto, eliminare la parte superflua, per cui il composito sarà di qualità più scadente perché strati di fibra molto mobili accrescono le difficoltà di esecuzione di un buon sacco a vuoto.

I processi produttivi dei materiali compositi sono svariati. Tra i più importanti vi sono:

- resin transfer molding (RTM);
- produzione in autoclave, che è la metodologia produttiva utilizzata in ArsTech.

2.7 FORMATURA PER INIEZIONE DI RESINA (RTM)

Con il termine RTM “resin transfer moulding” si intende una tecnologia mediante la quale si fabbricano compositi a matrice polimerica, iniettando la resina catalizzata in una cavità avente la forma del pezzo da realizzare ed in cui è stato preliminarmente collocato il rinforzo asciutto. La cavità è ottenuta chiudendo stampo e controstampo, l'uno contro l'altro. Questi possono essere di vario tipo; più comunemente si usano stampi in vetroresina o stampi in metallo.

Le fasi di fabbricazione RTM si possono riassumere nelle seguenti fasi:

- pulitura dello stampo;
- applicazione del distaccante;
- applicazione del gel-coat;
- posizionamento del rinforzo;
- chiusura e bloccaggio dello stampo x iniezione e polimerizzazione della resina;
- apertura dello stampo ed estrazione del pezzo;
- operazioni di rifinitura.

Le prime due fasi sono relative a tutti i tipi di tecnologie e quindi è superfluo discorrerne. Per ciò che riguarda le altre fasi, esse consistono in: deposito del rinforzo secondo le direzioni e la sequenza desiderata, accostamento delle parti dello stampo e del contro stampo, iniezione della resina. Tale operazione viene normalmente eseguita a freddo, ma è possibile riscaldare lo stampo per accelerare il processo. La pressione, essendo esercitata mediante la resina ancora liquida, si distribuisce uniformemente su tutto il laminato in fabbricazione consentendo così spessori uniformi e ottima qualità del manufatto. In genere le pressioni usate per l'iniezione variano tra 0,5 e 4 bar ed i tempi di iniezione tra i 20 secondi e i 2 minuti. La tecnologia di formatura per iniezione di resina è molto interessante per la possibilità di automazione che offre e quindi per la produzione di componenti anche in grande serie. Inoltre, è possibile stampare elementi anche di notevoli dimensioni.

2.8 FORMATURA IN AUTOCLAVE

Si analizzano le modalità per la realizzazione di un laminato in materiali compositi, costituito da fogli di preimpregnato con fibre di carbonio e resina epossidica, e per il suo consolidamento nell'autoclave. La procedura resta valida nel caso di utilizzo di fogli di preimpregnato di diverso materiale, con l'unica differenza consistente nel dover applicare un diverso ciclo di consolidamento al laminato.

Il punto di partenza è il rotolo del materiale preimpregnato. Tale rotolo viene conservato a basse temperature (circa -18°C) affinché la resina mantenga le sue proprietà. Per prima cosa è quindi necessario estrarre dal freezer il rotolo preimpregnato e lasciarlo a temperatura ambiente per almeno mezz'ora (prepreg thawing), tempo indicativo e variabile anche in funzione della temperatura ambiente. Prima di cominciare a lavorare sul materiale è necessario provvedere ad una accurata pulizia del tavolo di lavoro, per evitare che polvere o materiali estranei entrino in contatto con le lamina di prepreg durante la laminazione. Prima dell'inizio delle operazioni è indispensabile anche aver stabilito con sicurezza le dimensioni che si vogliono dare ai laminati. Le dimensioni delle cosiddette "dime" vengono stabilite in fase di prototipazione o progettazione dal PM (Project Manager) oppure dal cliente nel caso in cui sia quest'ultimo a fornire le specifiche del prodotto finale. Successivamente si ritagliano i fogli di preimpregnato con le misure desiderate e con il taglio eseguito nelle direzioni

opportune per far sì che le fibre nel laminato siano orientate nel modo previsto. Questa operazione viene realizzata sopra di un banco di taglio automatizzato e programmato da un operatore che implementa sulla macchina il programma di cutting previsto.

I fogli di prepeg imbustati vengono trasportati poi nel reparto adibito alla fase di laminazione, che consiste nella sovrapposizione dei vari fogli nell'ordine prestabilito, togliendo dal singolo foglio, volta per volta, la pellicola protettiva. Appena due singoli fogli vengono sovrapposti, è necessario pressarli bene uno sull'altro con la spatola o il rullo, in modo da garantire la loro aderenza eliminando con la massima cura qualunque bolla d'aria. La resina, che a temperatura ambiente riacquista proprietà adesive (tacking), garantirà l'adesione degli strati sovrapposti fino all'inserimento in autoclave. Nel caso si sia previsto l'inserimento di elementi di teflon o altri materiali (chiamati "riempitivi") per generare discontinuità nel materiale, bisogna ricordarsi di inserirle al momento opportuno, in quanto una volta che due strati vengono fatti aderire, è fortemente improbabile che si riescano a staccare senza provocare danni al laminato. Ai laminatori quindi, oltre al prepeg, viene consegnato il cosiddetto "plybook", una sorta di libretto delle istruzioni per la lavorazione del laminato.

Una volta terminata la laminazione, il laminato deve essere sottoposto ad un processo di curing, consistente nell'applicazione di un dato percorso di temperature e pressioni che consentano alla resina di catalizzare, dando quindi al laminato le sue proprietà meccaniche finali. Il consolidamento avviene in autoclave, che è in grado di fornire temperature fino a 200 gradi e pressioni fino a 10 bar, a cui si aggiunge circa 1 bar proveniente dal sacco a vuoto in cui viene posto il laminato.

La tecnologia di produzione di elementi in composito mediante l'utilizzo dell'autoclave consente di ottenere laminati con caratteristiche meccaniche molto più elevate rispetto alle più tradizionali ed economiche tecnologie. Con l'impiego dell'autoclave è possibile intensificare l'azione di compattazione aumentando la pressione durante il ciclo di cura fino a circa 7-10 atm e la temperatura fino a 2000 °C. Le autoclavi più recenti offrono inoltre la possibilità di variare la pressione e la temperatura durante il ciclo di polimerizzazione secondo le leggi più opportune per il particolare tipo di resina impiegato. Una pressione maggiore garantisce l'assenza di vuoti tra gli strati ed una percentuale che può raggiungere il 65% che è il limite superiore nella fabbricazione di compositi. Questo tipo di fabbricazione viene

adottato quando si devono realizzare particolari dalle caratteristiche meccaniche molto spinte come richiesto ad esempio per impiego aeronautico, spaziale e medicale.



(fig. 2.4 reparto autoclavi in ArsTech)

2.9 PROSEGUIMENTO DEL CICLO PRODUTTIVO

Una volta terminato il ciclo di cura, il pezzo viene estratto manualmente dal modello prestando particolare attenzione a non danneggiare il pezzo divenuto ormai solido dopo il trattamento in autoclave. Il pezzo passa poi in finitura dove viene rifinito e dove vengono rimossi piccoli brandelli di laminato che sarebbero impossibili da rimuovere manualmente. Una volta sottoposto alle varie lavorazioni meccaniche previste da progetto (foratura, filettatura, fresatura, incollaggio, ecc.) il prodotto finito viene ulteriormente sottoposto a finitura, per una eventuale pulizia finale e per renderlo esteticamente piacevole (per i pezzi definiti internamente “carbon look”, ovvero i pezzi a vista dell’automobile, come cofano, porte, ecc.). Dopo il controllo qualità (realizzato anche grazie ad un innovativo scanner ottico per il controllo dimensionale) per garantire che il pezzo non presenti non conformità, ovvero

che soddisfi in toto le specifiche e le tolleranze fornite dal cliente, il prodotto in fibra di carbonio viene stoccato in magazzino in attesa di spedizione.

CAPITOLO 3

LA LEAN PRODUCTION

3.1 LE ORIGINI

All'inizio del '900, in seguito alla rivoluzione industriale, Henry Ford diede origine ad una nuova idea di produzione, la catena di montaggio, dando vita ad un'era di produzione di massa, in cui l'offerta veniva anteposta alla domanda; ci si concentrava dunque più su quanto bisognasse produrre piuttosto che su quanto e su cosa il cliente volesse realmente acquistare, inducendolo a comprare ciò che il mercato offriva e non ciò che realmente volesse comprare. In merito è celebre la sua frase riguardante il modello di automobile Ford T sulla quale affermò "avranno l'auto che vorranno, del colore che vorranno, purché sia nera".

Tale modello però non prendeva in considerazione il lato umano della produzione, standardizzando le attività e inducendo gli operai a svolgere azioni ripetitive e alienanti. Inoltre, non prestava attenzione alla qualità, al prezzo e al servizio offerto al cliente.

Solo nella seconda metà del '900 si assistette ad un cambiamento di pensiero, orientato meno sulla produzione di massa e più sulla flessibilità, cercando comunque di non intaccare la produttività. La crisi dovuta alla Seconda Guerra Mondiale ha infatti avuto effetti negativi anche nel mondo industriale, facendo sorgere la necessità di ridurre i costi legati alla produzione.

Tutto ebbe inizio in Giappone, in modo particolare nella Toyota Motor Corporation. All'epoca a capo dell'azienda vi era Taiichi Ōhno, che riuscì a introdurre un nuovo modello industriale; esso comprendeva tutte le esigenze che la situazione dovuta alla crisi richiedeva, ovvero erano necessarie una flessibilità e una produttività maggiori, ma a costi più bassi. Tale modello prese il nome di Toyota Production System (TPS), una metodologia innovativa, incentrata sulla continua ricerca degli sprechi e sull'importanza del coinvolgimento di tutto il personale all'interno dell'azienda.

Taiichi Ōhno cercò di introdurre la “produzione livellata”: si cercava di ottenere una produzione equilibrata durante l’arco della giornata lavorativa, in maniera tale da mantenere un flusso di produzione costante e continuo. Per riuscire a creare suddetto modello di produzione era necessario dividere la domanda mensile per le ore lavorative; così facendo fu possibile ottenere il quantitativo da produrre ogni ora. In ogni caso questa operazione matematica non è l’unica in grado di soddisfare le richieste del cliente ottenendo migliori performance, ma è necessario attuare una serie di interventi tali per cui tutto il processo di approvvigionamento debba essere in grado di sostenere un sistema produttivo così strutturato.

Come conseguenza all’introduzione di questo modello nacque il concetto di “produzione snella” o “Lean Production”. Tale termine venne coniato alla fine degli anni ’80 e fu utilizzato per la prima volta nel libro “The Machine that changed the World”, tradotto in italiano con “La macchina che ha cambiato il mondo”, scritto nel 1991 da James Womack, Daniel Jones e Daniel Roos in conseguenza ad uno studio realizzato nell’ambito dell’International Motor Vehicle Program (IMVP), sviluppato al Massachusetts Institute of Technology (MIT) di Boston. Il focus del testo era incentrato sul confronto fra la produzione occidentale ancora fortemente di stampo fordista e la produzione orientale, in particolar modo quella giapponese, a dimostrazione del fatto che la prima, nonostante continui affinamenti, fosse ormai superata a favore della seconda, in grado di fornire prodotti di qualità a tempi e costi ridotti.

3.2 I CINQUE PRINCIPI

Come già accennato, il Lean Thinking deriva dal Toyota Production System (TPS), un modello di produzione che nasce intorno agli anni ’50 presso la Toyota, grazie al contributo di Sakichi Toyoda, Kiichiro Toyoda, ed in particolare dell’ingegnere Taiichi Ōhno. Si fonda su una filosofia differente, e per parecchi anni è stata un’alternativa alla produzione di massa, basata sulla catena di montaggio, di Henry Ford.

I fondamenti di questo modello si basano sull’idea di “realizzare di più con meno”, ovvero cercare di aumentare in maniera ampia la produttività sfruttando meno risorse possibile, cercando di responsabilizzare maggiormente tutti i livelli di lavoratori presenti in azienda. Si

cerca così di eliminare quanto c'è di superfluo nella produzione, a favore quindi della diminuzione dei costi. Quando si parla di costi, essi non si limitano ai meri costi di produzione, ma vengono considerati anche costi amministrativi, di vendita e finanziari, con l'obiettivo di ottenere una diminuzione globale.

Scopi secondari del modello riguardano la qualità dei prodotti realizzati ed il rispetto verso le risorse umane coinvolte nei processi di produzione.



(fig. 3.1 i 5 principi del Lean Thinking)

Nel sistema ideato da Toyota era importante non interrompere mai il flusso produttivo, poiché era anche grazie a questo che la diminuzione dei costi era garantita. Per rendere ciò realizzabile è necessario applicare cinque principi, implementabili grazie ad alcuni metodi e sistemi. Questi principi sono:

- definizione del valore;
- eliminazione degli sprechi;
- creazione del flusso;
- logica "pull": è il cliente a tirare il flusso produttivo;
- miglioramento continuo.

Analizziamo ora nel dettaglio ognuno di questi principi.

È ben noto come l'esistenza di un'azienda, il pagamento degli stipendi dei dipendenti e dei manager, il pagamento di affitti, attrezzature, materie prime, la generazione di utili o di perdite, siano tutti fattori che dipendono dal cliente. Il cliente è l'unica entità che giustifica l'esistenza di un'azienda in quanto percepisce un valore e gli attribuisce un riconoscimento economico. Pertanto, tutti gli sforzi devono essere indirizzati alla creazione di valore per il cliente, e non solo nelle attività primarie (cioè quelle della supply chain, che "consegnano" il prodotto e/o il servizio al cliente) ma anche nelle attività ausiliarie, cioè quelle che permettono lo svolgimento delle attività primarie. Naturalmente, nelle attività che non hanno come destinatario il cliente finale è più difficile individuare quale sia la creazione di valore per questi, ma viene in soccorso il concetto di "cliente interno" che crea un collegamento indiretto verso il cliente finale. Ecco, quindi, il Primo principio della Lean Production: definizione di valore per il cliente. Il valore è quello percepito dal cliente, e dunque è definito dal cliente, non dal fornitore; il valore è sempre riferito ad un dato momento, prezzo e luogo; occorre comprendere quali attributi del prodotto/servizio generano valore percepito dal cliente e puntare a migliorare quelli (non ha ovviamente senso migliorare un attributo cui il cliente riconosce poco valore).

Se ci si chiedesse, nell'ambito delle attività svolte da un'azienda e dalle sue persone, quali sono "importanti" e quali invece non lo sono, la risposta sarebbe che sono importanti tutte le attività che creano valore percepito dal cliente, le altre invece devono essere guardate con sospetto. Nella filosofia giapponese, le attività che non generano valore sono considerate "sprechi" e vanno combattute. Nella pratica, è noto come alcune attività senza valore aggiunto sono purtroppo ineliminabili (o eliminabili solo in parte) in quanto necessarie al funzionamento dell'azienda, mentre altre sono eliminabili e generano un risparmio immediato senza intaccare il valore percepito dal cliente. È considerato spreco anche fornire il prodotto/servizio giusto, ma nel tempo o nel modo sbagliato. Si pensi ad esempio a quanto un ritardo anche minimo nella consegna del prodotto o nell'erogazione di un servizio possa distruggere il valore percepito dal cliente. Il Secondo principio della Lean Production è dunque: identificare il flusso del valore e combattere le attività che non generano valore. La tecnica più efficace per identificare e mappare il flusso del valore è il Value Stream Mapping. Le attività che creano valore devono essere correlate tra loro nel modo più fluido e contiguo possibile. Ovvero, le attività che creano valore devono svolgersi senza interruzioni, creando

un vero e proprio “flusso continuo”. Sono nemici del flusso: le attese dovute alle code, ai lotti e alle scorte, le interruzioni dovute alla mancanza di informazioni e all’inefficienza dei fornitori (anche interni), le riprese e le rilavorazioni, gli attrezzaggi e gli avviamenti, l’assenza di sincronismo tra le attività, la cattiva gestione delle priorità ed ogni altra fonte di discontinuità. La Lean Production permette di creare il flusso del valore con tecniche specifiche: lo studio del “Takt Time”, la riduzione dei lotti ed il “One Piece Flow”, il re-layout a flusso, il bilanciamento delle fasi, il livellamento, la programmazione sul processo Pacemaker. Ecco, quindi, il Terzo principio della Lean Production: creazione del flusso delle attività creatrici di valore in modo che scorrano senza interruzioni.

Come devono essere “innescate” le attività importanti? Riprendendo alcuni concetti esposti in precedenza: bisogna concentrarsi sul valore come percepito dal cliente, le attività che generano valore devono scorrere senza interruzioni, è però sbagliato consegnare valore nel modo o nel tempo scorretto, in quanto il valore stesso può scomparire. Si può concludere che le attività a valore, pur dovendo scorrere senza interruzione, devono essere “tirate” (cioè innescate) dal cliente stesso, altrimenti si rischia di generare un costo (quello correlato alle attività) senza generare valore, ricadendo nello spreco. Si pensi ad esempio allo spreco generato dal produrre beni di valore prima che il cliente lo chieda o in quantità superiore a quella richiesta. Il Quarto principio della Lean Production è: fare in modo che il flusso del valore sia tirato dal cliente. Anche in questo caso, la Lean Production risponde con tecniche specifiche, ed in particolare i sistemi “pull” (Kanban e Supermarket) e la gestione controllata delle scorte di prodotto.

Analizziamo ora il quinto ed ultimo principio partendo da una considerazione: quando ci si può ritenere soddisfatti dei risultati raggiunti? La filosofia giapponese, in questo caso, è particolarmente rigida, e la risposta autentica sarebbe: “mai”. Interpretando con un po’ di flessibilità, il concetto diventa: ci si può naturalmente ritenere soddisfatti dei risultati raggiunti quando questi sono positivi, ma attenzione a non “sedersi” mai sui risultati raggiunti. Infatti, il processo di miglioramento (individuazione e riduzione degli sprechi, miglioramento del flusso, focalizzazione sul valore per il cliente) non deve avere mai fine, anche perché il riferimento primario (il valore per il cliente) cambia nel tempo e costringe ad adeguarsi quasi quotidianamente. Il Quinto principio della Lean Production è: inseguire la perfezione tramite

il miglioramento continuo. Alcuni concetti che si legano naturalmente a questo principio sono:

- la perfezione ideale è la completa eliminazione degli sprechi, così che tutte le attività creino valore per il cliente finale;
- questa tensione è il punto di riferimento per mantenere attivo un sistematico processo di miglioramento;
- la perfezione non è un concetto statico, ma dinamico, in quanto il valore per il cliente si modifica nel tempo.

3.3 GLI OBIETTIVI

Coerentemente con i cinque principi che sono stati individuati, gli obiettivi della Lean Production diventano:

- individuare le attività che generano valore per il cliente;
- mappare il flusso del valore (value stream mapping);
- minimizzare gli sprechi, ovvero le attività senza valore aggiunto (muda);
- “creare il flusso” delle attività che generano valore;
- fare in modo che il flusso sia “tirato dal cliente” (pull);
- adeguare la capacità produttiva al ritmo della domanda (takt time);
- minimizzare i tempi di setup (tramite la tecnica SMED);
- abbattere il lead time di produzione (tempo di attraversamento);
- ridurre al minimo le scorte di semilavorati (supermarket e sistema kanban);
- introdurre controlli in processo e sistemi a prova di errore (poka-yoke);
- implementare sistemi di controllo visivo (visual management);
- attivare un ciclo di miglioramento continuo (kaizen).

La Lean Production non va intesa come un approccio rigido ed univoco, ma come un insieme organico di tecniche che vanno modulate e adattate alla specifica realtà produttiva.

Tramite la Lean Production è possibile ottenere, a fronte di investimenti limitati, significativi miglioramenti rispetto a numerosi fattori chiave:

- riduzione tempi di consegna e aumento puntualità (livello di servizio);
- aumento efficienza e produttività delle risorse;
- diminuzione costi di lavorazione;
- aumento livello di qualità;
- incremento flessibilità alle variazioni del mix;
- riduzione delle scorte intermedie e finali.

Nonostante l'elevatissimo potenziale, la Lean Production (nota anche come Toyota Production System, TPS) è ancora relativamente poco diffuso presso le aziende italiane. Infatti, la focalizzazione sulla riduzione delle attività che non aggiungono valore (gli sprechi) tende a mettere in discussione la tradizionale logica di produzione "per lotti e code" in favore di una produzione quanto più possibile "a flusso".

Le tecniche della Lean Production non implicano però necessariamente, come erroneamente si può pensare, l'esistenza di linee di produzione dedicate alle famiglie di prodotti, ma possono essere applicate con successo anche laddove vi è una organizzazione per reparti specializzati o per isole.

In questi contesti si possono ottenere grandi benefici affiancando alla Lean Production l'approccio suggerito dalla Teoria dei Vincoli (Theory of Constraints, TOC) di Eliyahu Goldratt. Infatti, la Teoria dei Vincoli fornisce valide indicazioni per la gestione dei colli di bottiglia e delle risorse critiche (Drum Buffer Rope), permettendo la creazione di un flusso "virtuale" anche nei contesti dove è difficile dare luogo ad un flusso fisico continuo.

La Teoria dei Vincoli è del tutto complementare alla Lean Production, e l'applicazione congiunta dei due metodi permette di ottenere ottimi risultati in qualsiasi ambito produttivo, nella produzione a flusso continuo fino alla produzione per singola commessa, ed in tutte le possibili configurazioni (produzione per reparti, per linee, per celle, a postazione fissa ecc.).

In molti contesti, l'applicazione delle tecniche del Lean Production e della Teoria dei Vincoli può essere realizzata semplicemente rivedendo i metodi di lavoro, riprogettando il layout produttivo e adeguando il sistema di pianificazione, con investimenti decisamente contenuti.

Nella maggior parte dei casi si fa uso dei mezzi produttivi già esistenti, e questo permette un ritorno dell'investimento estremamente rapido ed un vantaggio stabile nel tempo.

Infine, è importante sottolineare come le metodologie del Lean Production, pur essendo state concepite in ambito manifatturiero, possono essere applicate con successo anche negli uffici e nei processi di erogazione di servizi. L'erogazione di un servizio è infatti un vero e proprio processo produttivo, le cui criticità, come ad esempio carichi di lavoro, flussi, colli di bottiglia, ottimizzazione delle risorse, livello di servizio, sono fortemente analoghe a quelle della produzione in senso stretto, rendendo queste tecniche applicabili con successo.

3.4 IL CONCETTO DI SPRECO

Fondamentale per il pensiero snello è il concetto di spreco. È ritenuto spreco tutto ciò che non fa scorrere in maniera lineare il flusso, ma che provoca blocchi e colli di bottiglia. La sua accezione deriva dal giapponese "Muda", ed ha per il pensiero orientale lo stesso significato che ha il termine "peccato" per gli occidentali, ovvero si intende qualcosa che deve essere assolutamente evitato ed eliminato se presente.

Il termine muda identifica ovviamente gli sprechi, ma alcuni secoli fa questo termine aveva un significato più specifico rispetto agli sprechi in generale. Identificava, infatti gli sprechi originati in un contesto di bisogno e mancanza di risorse. Questo permette di capire come il significato di questo termine sia ulteriormente più dispregiativo del solo spreco di risorse. Oltre al sostantivo muda sono meno ricorrenti, ma utilizzati ugualmente dagli esperti di Lean manufacturing, altri due termini per identificare degli elementi causa di problemi nel flusso: "Mura", che significa variabilità e "Muri", sovraccarico di lavoro superiore alla regolare velocità.

La ricerca degli sprechi è alle basi della filosofia Lean; per poterli identificare è innanzitutto importante avere una panoramica dettagliata di tutte le fasi che attraversano i diversi processi. Più dettagliate sono le attività ad esse appartenenti maggiore è la probabilità di

identificare gli sprechi e più facilmente è possibile individuarne la causa con il fine ultimo di eliminarli.

Per semplificare la ricerca Womack e Jones, che si possono ritenere i fondatori della produzione snella, suddividono gli sprechi in sette categorie, così come era stato fatto in precedenza da Taiichi Ōhno:

1. Sovraproduzione: spreco da produzione in eccesso. Tale spreco è identificato nell'eccesso di quantità prodotte di determinati beni, ma non solo, poiché anche la creazione di documentazione superflua costituisce una fonte di spreco e di sovrapproduzione. Tutto ciò che è prodotto in più rispetto alla richiesta del cliente costituisce una sovrapproduzione, cioè una produzione maggiore di quella richiesta e di quella che quindi in conseguenza verrà assorbita dal mercato. Essa determina l'utilizzo di materiale, macchine, manodopera e risorse maggiori di quanto necessario e dunque rappresenta uno spreco. È uno degli sprechi più gravi, poiché la sua presenza ha ripercussioni anche su altre categorie, quali le scorte e i trasporti in particolare. Se infatti è presente produzione eccessiva in aggiunta a quanto il mercato potrà consumare, essa costituirà scorte a magazzino per l'azienda e dunque costi e occupazione di spazi che potrebbero essere sfruttati diversamente in caso di sua assenza. L'ottica produttiva Lean invece è strutturata proprio in maniera tale da evitare tale tipologia di spreco. Essendo basata sulla produzione su commessa, i beni vengono creati solo nel momento in cui un cliente ne fa richiesta, dunque in questo modo non è possibile avere rimanenze e scorte poiché tutto ciò che viene prodotto è già stato venduto. Una delle tecniche operative Lean che rispettano questo principio è il sistema Kanban;
2. Tempo: spreco da inattività ed attese. Si tratta dello spreco legato alla presenza di manodopera e di macchine in attesa di compiere la propria attività. Le cause più frequenti in questo caso sono legate alla sincronizzazione delle diverse fasi e lavorazioni, alla mancanza di materiali o utensili e alla programmazione della produzione. Se infatti non è presente un'ottima sincronizzazione tra le varie fasi e le attività dei processi, oppure vi sono tempi morti di produzione, o tempi di attesa, questo va ad impattare sull'efficienza generale del sistema. Dunque, tutti i tempi che non sono strettamente necessari al ciclo di fabbricazione del prodotto, nel corso della

produzione, e più in generale, le attese fra una attività e l'altra durante tutta la supply chain, sono sprechi veri e propri che vanno eliminati completamente. Bisogna quindi identificare una giusta strategia che possa mettere in atto l'eliminazione completa o almeno la riduzione di questi tempi con l'obiettivo di ridurre l'intero lead time. Non è un'operazione semplice, ma, anche in questo caso, molto performante se messa in atto correttamente;

3. **Scorte:** spreco da scorte non necessarie. Questo spreco è il più diffuso nelle aziende del nord-est Italia e rappresenta la naturale conseguenza, come già accennato, dello spreco da produzione in eccesso. Sostanzialmente tutto ciò che è stato prodotto dopo una pianificazione viene depositato e stoccato in magazzino in attesa di una possibile, ma non certa, richiesta futura di tali prodotti. Suddetto meccanismo era ritenuto fino a qualche decennio fa un arricchimento dell'azienda e del servizio al cliente, poiché avendo sempre a disposizione il prodotto, esso non doveva attendere la creazione. Oggi invece è all'unanimità classificato come uno spreco, in quanto una simile gestione è ciò che origina l'immobilizzazione di capitali, il deperimento delle merci immagazzinate ed elevati costi di gestione, oltre all'occupazione del magazzino che potrebbe essere utilizzato diversamente, o addirittura ridimensionato. Riassumendo, bisogna ridurre al minimo la scorta di pezzi e materiali tra una fase e l'altra, minimizzando quello che è il capitale fermo nel processo;
4. **Trasporti:** spreco da trasporti. Riguarda lo spostamento dei prodotti all'interno dello stabilimento o tra diversi stabilimenti. È inevitabile che con la loro presenza il valore della merce trasportata aumenti. Tale attività, oltre a non aumentare il valore dei prodotti e a non essere considerata un valore aggiunto per il cliente, rappresenta uno spreco essendo sempre causa di costi di movimentazione. Spesso può provocare anche costi legati a danni o rotture agli articoli occorsi durante il trasporto. Solitamente questa categoria di sprechi, insieme a quella da scorte non necessarie, sono le più evidenti. È necessario cercare di ottimizzare i trasporti, analizzando concretamente quelli che sono i trasporti essenziali e quelli che possono essere evitati, agendo di conseguenza;
5. **Movimenti:** spreco da movimenti non necessari. Ciò che caratterizza e differenzia tale spreco dal precedente è l'oggetto del movimento, infatti mentre nel precedente ci si

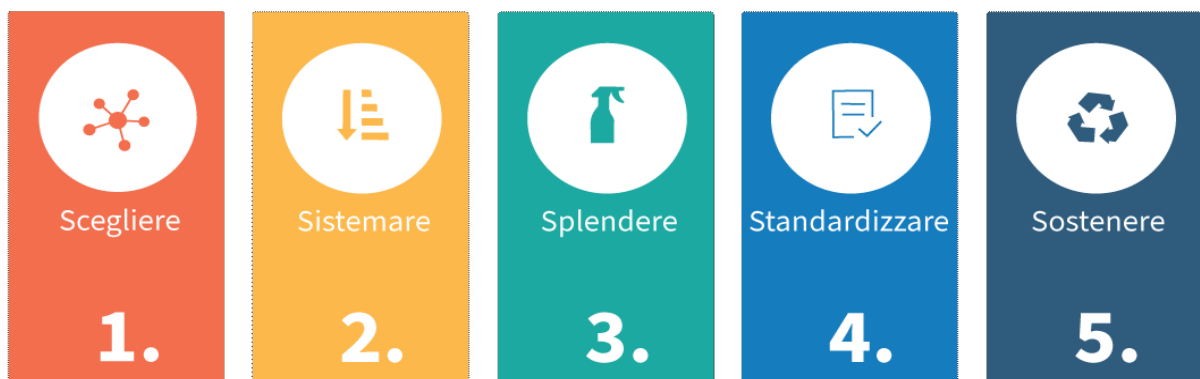
riferiva allo spostamento di prodotti, in questo caso riguarda i movimenti del personale all'interno dello stabilimento. Nonostante questa differenza sostanziale rispetto alla movimentazione delle merci, entrambe sono attività che non accrescono il valore del prodotto e che non interessano al cliente. Un approfondito studio dell'ergonomia ed una corretta progettazione del posto di lavoro sono elementi che nella maggior parte dei casi permettono di evitare questo spreco. Il metodo più efficace per individuare l'entità di questo spreco è un particolare diagramma, lo Spaghetti Chart, ovvero una rappresentazione sul layout aziendale dei percorsi compiuti dai lavoratori. La sommatoria dei singoli percorsi, per ogni lavoratore o globalmente a livello di reparto o di fabbrica, permette di arrivare ad una distanza di percorrenza che spesso è davvero elevata. I dati rilevati, inoltre, sono frequentemente molto preziosi per lo studio di un nuovo layout e come indicatore di prestazione legato alla qualità dell'organizzazione del posto di lavoro per evidenziare eventuali miglioramenti o peggioramenti nel tempo;

6. Difetti: spreco da prodotti difettosi. In questa categoria rientrano tutte le energie e le risorse spese per la realizzazione di prodotti che in qualsiasi modo non soddisfano le specifiche delle richieste del cliente. I difetti possono derivare da diverse fonti, quali errori nella realizzazione degli articoli, spesso giunti anche da terzi, quindi da fornitori, oppure possono essere conseguenza di trasporti malfunzionanti e dunque derivare da urti o sfregamenti nel corso dei viaggi per spostare la merce fra più stabilimenti, possono inoltre derivare anche da errori di progettazione, etc. Insomma, possono essere molteplici le loro cause, ma le conseguenze sono equiparabili. Si tratta in ogni caso di grossi sprechi, soprattutto in termini di costi, poiché i prodotti fallati dovranno o subire rilavorazioni o essere destinati allo scarto e dunque in ognuna delle due opzioni comportare un costo aggiuntivo per l'azienda. Analizzando la merce sotto ogni punto di vista e ricontrollando tutto il suo ciclo di produzione, è possibile identificare in quale fase è più probabile che si verifichi il difetto, intervenendo sul problema per cercare di ridurlo. Anche in questo caso è quindi opportuna e suggerita un'analisi attenta e dettagliata delle attività svolte durante la produzione, per rilevare quale sia la causa del difetto riscontrato ed eliminarla;

7. Processi: spreco che deriva dal processo. In questa categoria rientrano tutte le attività che si compiono durante la produzione e che non aumentano il valore del prodotto. Con un'attenta analisi di tutto il processo è possibile identificare quelle fasi che sono inefficienti all'interno del ciclo di lavoro. Tutto quello che crea rallentamenti del flusso, scarti sui prodotti e incremento dei costi, comporta uno spreco non poco rilevante per l'attività. Serve un costante monitoraggio ed una costante analisi per identificare i processi che potrebbero essere eliminati nel caso in cui non portino valore aggiunto ma solo spreco in termini di tempo, spazio, costi e risorse.

3.5 LA METODOLOGIA DELLE 5S

Il metodo 5S adottato dalla Lean Production consiste nella identificazione di una procedura sistematica e ripetibile per la gestione dell'ordine e della pulizia delle postazioni di lavoro e che ha per finalità il miglioramento delle performance operative e la standardizzazione dell'ottimizzazione raggiunta.



(fig. 3.2 le 5S)

L'espressione "metodo 5S" trae origine dalle iniziali delle cinque parole giapponesi (nella loro pronuncia occidentalizzata) che sintetizzano appunto i cinque passaggi della metodologia.

Di seguito si riportano i cinque termini con le corrispondenti traduzioni in lingua inglese ed italiana, che verranno approfonditi poco più avanti:

- Seiri: Sort – Semplificare, scegliere e separare: classificare attrezzature e strumenti presenti in una postazione lavorativa eliminando ciò che non è strettamente necessario;
- Seiton: Set in order – Sistemare, ordinare ed organizzare: posizionare al posto giusto ciò che serve in modo da consentirne facile identificazione, accesso e riposizione;
- Seiso: Shine – Splendere, pulire: mantenere il luogo di lavoro pulito e nello stato di ordine precedentemente costituito;
- Seiketsu: Standardize – Stabilizzare e standardizzare: creare i principi standardizzati per mantenere l'area in ordine ripetendo le tre fasi precedenti e rendere tali principi visibili e applicabili per tutti;
- Shitsuke: Sustain – Sostenere nel tempo: rendere lo standard del metodo 5S un'abitudine e parte del lavoro quotidiano sostenendo l'adeguata disciplina e rigore per il proseguo.

Quotidianamente ogni azienda si trova nella necessità di intraprendere azioni di scelta, sistemazione, organizzazione e controllo fondamentali per mantenere un flusso delle attività lineare ed efficiente.

Nella “fabbrica eccellente” dove tutti vorrebbero lavorare ci sono solo attrezzi, utensili, materiali che effettivamente servono all'attività e soprattutto ogni cosa è al posto giusto; le “non conformità” sono immediatamente segnalate e visibili (segnalazione visiva); le procedure sono semplici, chiare e condivise (“visual factory systems” a prova di errore); così come condivisi e visibili a tutti sono i risultati.

Questa ambizione non è così difficile da realizzare adottando il metodo 5S.

L'adozione della metodologia 5S dovrebbe rappresentare il punto di partenza per ogni azienda che ambisce al miglioramento delle attività produttive ed al consolidamento degli standard ottimali.

Attraverso il riordino degli spazi di lavoro e la conseguente riduzione dei tempi di ricerca ed attesa, così come degli sprechi di movimentazione dei beni, si ottiene infatti un maggior risparmio di risorse ed energie per il personale.

Tutto ciò concorre inevitabilmente ad aumentare la percezione positiva del lavoratore, la qualità effettiva del lavoro ed il livello di sicurezza generale.

Più in particolare tra i benefici perseguiti dal metodo 5S si evidenziano:

- si riduce il rischio di infortuni e/o si migliora il livello di sicurezza;
- si rende l'ambiente di lavoro ergonomico e confortevole;
- si elimina la possibilità di utilizzare pezzi, componenti o parti difettose;
- si elimina la possibilità di utilizzare attrezzi non idonei;
- si riducono gli sprechi di tempo per la ricerca di attrezzi e utensili;
- si riduce il rischio di contaminazione degli impianti produttivi;
- si mantengono le attrezzature efficienti grazie a manutenzione e pulizia;
- si riducono le attività a non valore aggiunto (NVA).

3.5.1 SIERI

Il primo passo da compiere prevede la classificazione delle attrezzature e degli strumenti presenti nella postazione lavorativa indagata e la conseguente rimozione di quanto non strettamente necessario all'attività.

Un approccio molto utilizzato in questa fase è quello conosciuto come Red Tags Strategy, il quale consiste nell'applicare un "tag" a tutti quegli attrezzi o dispositivi oggetto del metodo 5S per i quali non si è in grado, almeno inizialmente, di definirne l'utilità.

Per una positiva realizzazione del metodo è fondamentale identificare in azienda delle "Red Tag Areas", vale a dire delle zone messe a disposizione per l'immagazzinamento degli oggetti con cartellino rosso che hanno bisogno di ulteriore valutazione. Altrettanto fondamentale è che gli oggetti riposti in quest'area vengono posti sotto osservazione per un periodo di tempo

prestabilito per non incorrere nel rischio di creare un deposito permanente non funzionale alla strategia.

Sul cartellino possono essere riportate:

- le informazioni tecniche relative all'oggetto in questione (tipologia, marca modello, numero seriale, operatore che ha posto il tag, ecc.);
- la categoria di oggetto (utensile, ricambio, strumento, contenitore, componente, semilavorato, ecc.);
- la ragione del tag (non necessario, sconosciuto, dismesso, difettoso, poco utilizzato, sostituito, ecc.);
- le disposizioni finali (scartare, riparare, mantenere in "Red Tag Area", sostituire, archiviare, ecc.).

Il tempo di permanenza degli oggetti cartellinati nel "limbo" della Red Tag Area può variare, ma è buona prassi che non superi i dodici mesi.

Terminata la fase di classificazione, possiamo passare alla fase successiva: la sistemazione ed organizzazione della postazione lavorativa.

3.5.2 SEITON

Il secondo passaggio della metodologia 5S consiste nel sistemare ed organizzare gli oggetti o attrezzi in maniera tale che siano facile da identificare, utilizzare e riporre.

La definizione di un ordine standardizzato adottato a livello aziendale è molto importante in quanto permette di eliminare numerosi sprechi di tempo nello svolgimento delle attività produttive.

Per ciascuna postazione di lavoro è opportuno domandarsi:

- quale è l'ubicazione ottimale?
- come voglio conservare gli oggetti?
- è necessario creare riferimenti visivi?

Le risposte a questi quesiti devono essere ispirate dal motto “un posto per ogni cosa, ogni cosa al suo posto”.

Ecco allora che diventa utile delimitare gli spazi anche per mezzo della così detta tecnica della pittura (come indicazioni sul pavimento dei percorsi da seguire), dei colori o dei segnali; etichettare i contenitori (definire ad esempio cosa deve esserci all’interno di ciascun armadio) e gli oggetti (descrivere cos’è e dove deve essere riposto).

Un principio fondamentale che trova impiego nella definizione dell’ordine organizzato è il principio dell’economia dei movimenti.

Lo spreco di movimento, sia esso di oggetti che di persone, rappresenta infatti una tra le principali cause di dispersione di energie e risorse nelle operatività lavorative.

La conoscenza e l’osservanza del principio dell’economia dei movimenti ci aiuta ad esempio a:

- mantenere i movimenti al minimo;
- utilizzare la gravità anziché i muscoli;
- evitare inutili cambi di direzione;
- muoversi a ritmo costante;
- avere sempre i materiali a portata di mano;
- disporre i materiali e gli strumenti vicino al luogo di utilizzo, secondo la sequenza e la frequenza di impiego;
- lavorare ad una altezza ergonomica (tipicamente intorno ai 90/100 cm);
- disporre i materiali in modo che siano facili da afferrare.

L’ordine, la sistemazione e l’organizzazione garantiscono una maggiore fluidità e linearità nelle attività produttive (ecco spiegato il collegamento con la Lean Production). Per questo motivo è possibile affermare che questo passaggio delle 5S è centrale per favorire la standardizzazione.

3.5.3 SEISO

Il tanto faticosamente raggiunto “ordine” si conserva mantenendo il luogo di lavoro pulito.

Sottovalutare l'importanza della pulizia della postazione lavorativa rappresenta un errore tanto frequente quanto grave.

La difficoltà a pulire ciò che verrà di nuovo sporcato, così come la considerazione dell'operazione di riordino come una perdita di tempo, rappresentano probabilmente le principali cause di resistenza interne all'azienda alla piena realizzazione del metodo 5S.

La metodologia 5S si basa infatti su cinque colonne: non è immaginabile edificare un progetto solido se una di queste è “traballante”.

L'applicazione di ogni passaggio delle 5S, compresa quindi la pulizia, deve essere seguita accuratamente per non vanificare l'impegno profuso sugli altri passaggi.

Per contrastare la resistenza alla pulizia, può giovare ricordare al personale come questa pratica sia sempre propedeutica a qualsiasi ispezione: è risaputo che le anomalie si scoprono meglio pulendo.

Un ambiente di lavoro pulito è pertanto condizione necessaria per una fabbrica efficiente.

Un valido strumento per l'applicazione della pulizia è offerto dalla Checklist della attività di manutenzione: questa ha lo scopo di rendere condiviso il registro degli interventi eseguiti e programmati responsabilizzando chiunque dovrà impegnare la postazione lavorativa.

3.5.4 SEIKETSU

Il quarto passaggio prevede la standardizzazione della corretta applicazione dei precedenti tre passaggi attraverso l'implementazione giornaliera delle attività di “Sort”, “Set in Order” e “Shine”, al fine di renderli un'abitudine quotidiana ed assicurare che siano mantenuti e migliorati nel tempo.

Tra le azioni fondamentali da intraprendere per conseguire la standardizzazione si ricordano:

- la definizione delle competenze di ognuno ed i responsabili operativi dei processi;
- la definizione dei tempi disponibili;

- il controllo e il mantenimento dei processi (ad esempio esponendo nell'area la procedura adottata).

3.5.5 SHITSUKE

Poco importa quanto bene si siano eseguiti i primi quattro passaggi: la procedura ora finalmente ordinata e standardizzata, per quanto virtuosa, non potrà sopravvivere a lungo se non viene sostenuta nel tempo.

Non è scorretto affermare che il quinto passaggio può essere inteso, più in generale, come l'applicazione del modello 5S ad altre attività sempre interne all'azienda che ne possono godere.

Sostenere nel tempo è infatti sinonimo di contaminare di spirito virtuoso la cultura aziendale.

E dal momento che per il sostenimento dei passaggi 5S è fondamentale che venga profuso l'impegno sia da parte dell'azienda che da parte dei dipendenti, possiamo concludere affermando che l'adozione della metodologia 5S deve inizialmente presupporre una volontà di cambio di atteggiamento generale che coinvolga ognuno nella misura del ruolo svolto e della responsabilità presa in carico.

Ma sarà una piacevole sorpresa constatare come, superate le prime inevitabili e fisiologiche resistenze alla fuoriuscita dalla rispettiva zona di comfort, acquisire una naturale predisposizione aziendale al miglioramento continuo (kaizen) sarà la meritata ed inevitabile conclusione.

3.6 IL JUST IN TIME

Uno dei concetti più strettamente correlati con i principi e gli obiettivi della filosofia Lean è quello che viene chiamato "Just in Time". Il Just in Time (spesso abbreviato in JIT), espressione inglese che significa "appena in tempo", è una filosofia industriale che ha invertito il vecchio metodo di produrre prodotti finiti per il magazzino in attesa di essere venduti (detto logica "push") passando alla logica "pull" secondo cui occorre produrre solo ciò che è stato già venduto o che si prevede di vendere in tempi brevi.

In termini più pragmatici, ma anche riduttivi, è una politica di gestione delle scorte a ripristino che utilizza metodologie tese a migliorare il processo produttivo, cercando di ottimizzare non tanto la produzione quanto le fasi a monte, di alleggerire al massimo le scorte di materie prime e di lavorati necessari alla produzione. In pratica si tratta di coordinare i tempi di effettiva necessità dei materiali sulla linea produttiva con la loro acquisizione e disponibilità nel segmento del ciclo produttivo e nel momento in cui debbono essere utilizzati.

Il just in time abbina elementi quali affidabilità, riduzione delle scorte e del lead time, ad un aumento della qualità e del servizio al cliente. In tal modo si riducono enormemente i costi di immagazzinaggio, gestione, carico e scarico di magazzino.

Alla base della filosofia del JIT qualsiasi scorta di materiale, semilavorato o prodotto finito è uno spreco, uno spreco di risorse economiche, finanziarie e un vincolo all'innovazione continua. Più il processo è corto nella somma dei processi di progettazione e di produzione (sommando i tempi di produzione e transito) e più l'industria con i suoi prodotti e servizi (inclusi prevendita e postvendita) è vincente.

Oltre all'ottimizzazione della gestione e alla riduzione degli sprechi, il Just in Time provvede anche all'abbattimento dei costi legati allo stoccaggio; dato che si produce solo il necessario, si riducono le merci in stock e diminuiscono i costi legati alla loro conservazione. Si riduce inoltre il rischio di obsolescenza dei prodotti, poiché si lavora sempre con livelli di stock minimi. Ultimo vantaggio, ma non per importanza, permette di conferire alle aziende che sposano tale filosofia una maggiore capacità di reazione di fronte ad eventuali fluttuazioni del mercato.

Dal momento che le scorte vengono interpretate come un costo da eliminare, è opportuno evitare il più possibile le spese derivanti da un accumulo di materie prime (o altri materiali e prodotti) che, quando restano fermi in deposito, non generano valore. Per applicare il just in time bisogna dunque intervenire sulle fasi a monte e soddisfare alcuni requisiti fondamentali.

In primo luogo, il flusso di informazioni deve essere fluido e costante: è necessaria un'ottima coordinazione tra fornitori, produttori e clienti. È poi essenziale rendere prioritaria l'affidabilità del fornitore, mettendo in secondo piano l'acquisto di grandi quantità di prodotti a prezzo speciale. Ciò può comportare la ripianificazione dei processi di approvvigionamento e dei criteri di selezione dei fornitori. Un ulteriore requisito potrebbe essere quello di vagliare

opportunamente l'implementazione di tecnologie che permettono di realizzare previsioni più precise e far fronte ad aumenti improvvisi della domanda.

I requisiti appena presentati fanno emergere tutta la complessità di un modello che fa leva sulla capacità di adeguare la produzione alla domanda. In molti casi, soprattutto quando quest'ultima oscilla più del previsto, il comparto produttivo può finire sotto pressione, poiché deve essere sempre pronto a fornire le risorse in tempi brevi.

Per rendere meno faticosa l'applicazione del Just in Time, si può ricorrere a un modello più "soft". Ad esempio, disporre di un minimo di stock, almeno per quei prodotti che hanno un indice di rotazione alto, consentendo di lavorare in funzione della domanda, ma di non dipendere completamente da essa, alleggerendo così la pressione che ricade sulla filiera produttiva.

Il JIT, come intuibile, ha ovviamente delle ripercussioni sulle caratteristiche del magazzino, tali da renderlo orientato al modello gestionale della Lean production. Il magazzino Just in Time ricerca soprattutto l'agilità, che viene garantita dal corretto mix di organizzazione delle aree e di soluzioni di stoccaggio. In questo senso è opportuno progettare il magazzino tenendo conto sia delle esigenze di stoccaggio, sia della rapidità richiesta dal JIT. Dato che in questi impianti le merci devono viaggiare rapidamente, è bene semplificare le operazioni.

Esistono varie maniere per raggiungere questo obiettivo:

- riduzione delle distanze che devono percorrere gli operatori o ricorrendo all'installazione di circuiti di nastri trasportatori;
- costruzione di magazzini automatici. Un magazzino automatico infatti occupa meno spazio e riduce i tempi di stoccaggio dei prodotti a bassa rotazione. Per i prodotti con un alto indice di rotazione, ai quali è necessario accedere direttamente, conviene optare per scaffali per il picking;
- posizionamento strategico degli accessi del magazzino: questi devono facilitare le fasi di ricevimento e spedizione delle merci che normalmente viaggiano in grandi quantitativi e sono contenute in colli di piccole dimensioni. I sistemi automatici agevolano le procedure di carico e scarico delle merci, un aspetto fondamentale del Just in Time.

Si è già detto come il Just in Time sia il frutto di un lavoro corale di tutti gli attori della supply chain. A tal proposito i programmi gestionali sono gli strumenti più indicati per controllare quanto avviene lungo gli anelli della filiera e in magazzino.

Grazie ai WMS (Warehouse Management System) è possibile realizzare:

- la sincronizzazione fra magazzino e il resto degli attori della filiera. Grazie al software è più facile coordinare il lavoro dei fornitori, seguire i trasportatori e realizzare il controllo delle merci in entrata;
- la migliore mappatura del magazzino. Un WMS genera una disposizione intelligente delle merci sulle scaffalature e ne assicura una totale tracciabilità;
- l'ottimizzazione della preparazione degli ordini e delle fasi di ricevimento e spedizione. Allo scopo di lavorare più rapidamente è necessario ridurre gli errori.

I vantaggi del just in time sono sicuramente allettanti. Allo stesso tempo la complessità organizzativa però crea qualche timore. Un piccolo errore di coordinazione o di comunicazione può ricadere sull'intero sistema produttivo. Ciò rende l'applicazione dei principi JIT una sfida molto complessa.

Come è stato già detto in precedenza, i requisiti da soddisfare sono esigenti, ed è meglio propendere per lettura più soft della filosofia JIT. Un'interpretazione del Just in Time ossessiva può mettere in agitazione la supply chain. Al contrario un approccio meno rigido potrebbe comunque condurre l'azienda verso l'ottimizzazione degli aspetti gestionali legati alle scorte, rivelandosi più proficuo sia per il magazzino che per la fabbrica.

L'idea del just in time è molto antica e risale alla prima industrializzazione delle officine di costruzione, in particolare nel settore automobilistico. Il primo utilizzo di tale tecnica si fa risalire alla Ford negli anni '20 del secolo scorso ed era definita «dock to factory floor», ossia "dalla banchina di ricezione direttamente sul pavimento del reparto di produzione", senza passare attraverso il magazzino. Questo tipo di rifornimento presuppone generalmente consegne più frequenti e di minore entità.

Tale metodologia fu adottata negli anni '50 in Giappone dalla Toyota Motor Corporation, che la inglobò nel proprio sistema di fabbricazione e la pubblicizzò con il nome di Toyota Production System (TPS, come detto in precedenza). Il JIT divenne rapidamente uno dei

"prodotti" più conosciuti ed esportati della filosofia produttiva giapponese, e consentì tutta una serie di miglioramenti e di razionalizzazioni che produssero effetti assolutamente inaspettati nella produzione meccanica in generale.

Ad esempio, applicando il principio del Just in Time oltre che alle materie in entrata anche ai prodotti in uscita, si riuscirono a realizzare economie sostanziali, producendo autovetture praticamente su ordinazione, diminuendo i tempi di consegna, evitando il notevole rischio, e il costo, connesso con una produzione in linea con le stime di assorbimento del mercato. Il che comportava appunto un'alea oltre che i considerevoli costi di stoccaggio e custodia dei prodotti finiti.

Questa tecnica divenne negli anni '80 una delle principali cause del vantaggio competitivo giapponese, che le industrie europee e statunitensi non compresero in tempi brevi.

Questa filosofia innovativa aprì la strada ad altre innovazioni quali il Total Quality Management (TQM, "Controllo totale della qualità") che consiste nell'impedire che si verificino difetti nel prodotto eliminandone le cause con un affinamento costante del ciclo produttivo, raggiungendo percentuali di qualità del prodotto mai raggiunte prima. La difettosità passa dai punti percentuali all'ordine delle parti per milione.

Nel tempo la filosofia JIT è stata interpretata e applicata in modalità molto diverse: in Oriente ed in particolare in Giappone, partendo dal concetto che il miglior sistema informativo è la vista con modelli di produzione gestiti con comunicazione visiva Kanban, mentre il modello americano con modelli gestionali informatizzati, come il moderno MRP.

3.7 KAIZEN, VERSO IL MIGLIORAMENTO CONTINUO

Kaizen è diventato una filosofia moderna nel mondo dell'organizzazione aziendale. È uno dei concetti più amati dagli innovatori del cambiamento Lean Production e agile. È anche molto apprezzato dalle aziende e persino dai dipendenti, che si relazionano fortemente nella tecnica Kaizen.

Il significato originale della parola giapponese "Kaizen" dal dizionario Shogakukan potrebbe essere letteralmente tradotto come "l'atto di migliorare i punti negativi". La traduzione più popolare è "cambia in meglio", anche per migliorare.

Sebbene ciò sia vero, c'è molto di più. Indipendentemente da ciò che comunemente si pensa, il miglioramento continuo non è l'unica definizione di Kaizen, che invece, ne è il risultato. In effetti, la traduzione letterale del miglioramento continuo in giapponese è "Kairyo".

Kaizen è più un processo interno che accade nella cultura e nella mente. L'obiettivo è realizzare il tuo potenziale, rompere lo status quo e in questo modo ottenere miglioramenti. Detto questo, un modo più preciso per definire Kaizen sarebbe come "auto-sviluppo continuo".

In realtà, il senso moderno della parola ha avuto origine (anch'esso) nelle fabbriche Toyota. Dopo la Seconda Guerra Mondiale molte aziende giapponesi furono influenzate dalle metodologie introdotte dai consulenti americani, inviate nell'ambito del piano Marshall.

Sebbene questa pratica sia stata implementata altrove, Toyota è l'esempio più brillante di un'azienda che ha fatto un'eccellente pratica di miglioramento continuo, creando sistemi di gestione efficaci per generare, acquisire e rivedere miglioramenti in cicli infiniti.

Il sistema di produzione TPS, che si sta analizzando in questo capitolo, si basa su una serie di principi fondamentali, uno dei quali è etichettato come Kaizen miglioramento continuo.

Ai fini dell'uso della Toyota (o in generale, di qualsiasi utilizzo della produzione), ciò significa in gran parte un miglioramento continuo attraverso l'atto di auto-sviluppo. Kaizen divenne una delle pratiche fondamentali dietro la produzione Lean negli Stati Uniti e successivamente nella gestione Lean Production.

Al giorno d'oggi, nel moderno ambiente dinamico e non sicuro, sempre più aziende stanno diventando più efficienti applicando il Lean Thinking. Di questo pensiero, una parte molto importante è dedicata proprio alla cultura del Kaizen miglioramento continuo.

Kaizen è, prima di tutto, una cultura. Al fine di raggiungere Kaizen, è necessario adottare la pratica dell'autocritica. In giapponese, questa pratica è conosciuta come "Hansei". Ciò significa che è necessario ritenersi responsabili e trovare un margine di miglioramento continuo anche se tutto procede secondo i piani.

L'adozione di questo tipo di mentalità darà la possibilità di rompere lo status quo e spingersi ai limiti. Mentre il pensiero positivo mostrerà tutto come un "successo", sarà l'emozione

negativa di "avrebbe potuto essere migliore" che indicherà la motivazione per migliorare continuamente e conquistare nuove vette.

Ad esempio, in un sistema di produzione in catena di montaggio, in caso di anomalia, tutto il personale della linea dovrebbe arrestare la produzione in movimento. Quindi, il personale, insieme ai supervisori, suggeriscono un'opzione per risolvere l'anomalia. Da questi suggerimenti nascono nuove idee, nuovi reparti di soccorso, o nuove metodologie per impedire a monte il verificarsi di eventi bloccanti.

Inoltre, al termine del progetto, si tiene un Hansei-kai (incontro di riflessione) per analizzare l'intero processo, e le eventuali anomalie. Attenzione però, è importante sottolineare che un processo Hansei-kai si verificherebbe anche se il progetto fosse terminato con successo, senza problemi riscontrati lungo il suo ciclo di vita.

Questi approcci avviano il Pensiero Kaizen e generalmente forniscono piccoli miglioramenti durante tutto il processo. Di conseguenza, la cultura dei piccoli miglioramenti e standardizzazione costantemente allineati porta a cambiamenti significativi in termini di miglioramento complessivo della produttività.

La metodologia Kaizen sviluppata include la modifica e il monitoraggio dei risultati, quindi l'adeguamento. La pianificazione su larga scala e la programmazione estesa del progetto sono sostituite da piccoli esperimenti, che possono essere rapidamente adattati quando vengono suggeriti nuovi miglioramenti.

L'approccio mentale verso Kaizen si basa su alcuni principi fondamentali:

- le risorse umane sono al centro del processo di miglioramento della metodologia Kaizen;
- il processo deve progredire grazie a piccoli ma continui miglioramenti;
- avere una mentalità tesa ad imparare da tutto e tutti senza criticare e senza biasimare anche le idee scartate;
- il miglioramento deve basarsi sulla valutazione delle performance del processo;
- adottare un approccio di tipo problem solving che sia in grado di generare idee per migliorare;

- adottare un metodo scientifico basato sulle misurazioni non solo sulle sensazioni;
- avere un approccio sistemico che prenda in considerazione tutti i processi che possano essere influenzati non solo quelli che possono essere sistemati immediatamente.

Per facilitarne la comprensione, è possibile applicare il famoso ciclo di Deming o ciclo PDCA: "Plan (Pianifica), Do (Esegui), Check (Verifica), Act (Agisci)".



(fig. 3.3 il ciclo di Deming)

Plan: pianifica i miglioramenti, compresa la definizione degli obiettivi. La prima cosa da fare quando si vuole implementare un progetto grazie alla metodologia Kaizen è identificare cosa sottoporre ad un rapido miglioramento e pianificarne gli obiettivi. Una volta identificato il processo ci si potrà focalizzare su come eliminare un certo spreco, una riduzione del lead time, un miglioramento della qualità o della produttività. Quindi circoscritta la problematica che si vuole affrontare, serve formare un team interfunzionale di persone che sia in grado di aggredire il problema e di risolverlo velocemente.

Do: attua le azioni necessarie per il miglioramento. La squadra di persone scelta per apportare un miglioramento secondo la metodologia Kaizen si dedicherà, prima di tutto, alla comprensione del problema oggetto dello studio del processo sul quale si vuole intervenire, in modo da avere una visione comune del lavoro da fare. Si inizierà con una fase di analisi As-Is (anche grazie a strumenti come la Current State Map) al fine di raccogliere tutte le informazioni necessarie per comprendere la metodologia dell'intervento attraverso puntuali

misurazioni: qualitative, tasso di scarti e loro origine, distanze coperte, spazio occupato dai macchinari, numero e frequenza degli attrezzaggi. Poi si individueranno i motivi che originano l'inefficienza: colli di bottiglia, personale poco qualificato, bassa disponibilità di risorse, errata distribuzione dei compiti specifici e così via. Ad ogni membro della squadra verranno assegnati ruoli specifici di ricerca e di analisi. Non appena raccolte tutte le informazioni necessarie, si inizierà a stilare la nuova Value Stream Map (VSM) ovvero la mappa del Valore in cui evidenziare le azioni a valore dell'attuale processo. Nell'analizzare l'area sottoposta ad esame per individuare tutti gli spunti di miglioramento, i membri del team Kaizen identificheranno e registreranno gli sprechi rilevati. Per farlo al meglio occorrerà individuare gli obiettivi del processo esaminato e le operazioni a valore aggiunto associate ad ognuna delle sue fasi. Individuati gli sprechi o le attività prive di valore aggiunto, i membri della squadra di studio cercheranno insieme, ad esempio tramite la tecnica del brainstorming, ipotesi di miglioramento. Le idee, poi, verranno testate nell'area sotto esame direttamente o tramite simulazioni. Le idee che saranno ritenute le migliori saranno poi implementate. Per ottenere i maggiori benefici da un intervento Kaizen, i membri della squadra operativa dovranno osservare e registrare i dati relativi ai cicli temporali e calcolare i risparmi totali che derivano dall'eliminazione degli sprechi.

Check: verifica il successo rispetto alla baseline. Il successo della metodologia Kaizen dipende dal completamento del processo di miglioramento e dal mantenimento successivo delle azioni operate. Una parte fondamentale di questa attività, infatti, è costituita dalla fase di check che deve assicurare che i nuovi processi siano adeguatamente consolidati. I membri del team Kaizen dovranno rilevare con regolarità le performance riferite al processo e all'area di intervento per documentare i miglioramenti ottenuti nel medio e lungo periodo. Queste misurazioni potranno includere: lead time, cicli, tasso di difettosità, movimentazioni richieste, spazio utilizzato, ecc. Gli interventi di check vanno programmati a breve distanza di 3-5 giorni dall'inizio del progetto Kaizen per identificare eventuali modifiche da apportare alle soluzioni adottate e per sostenere il cambiamento in maniera efficace.

Act: attiva correttivi al fine di migliorare. Una volta consolidato il processo di Check del sistema di miglioramento, la nuova soluzione o il nuovo pensiero che hanno portato al successo, potranno essere implementati anche sul resto della struttura aziendale. La condivisione dei successi è fondamentale nella metodologia Kaizen per il miglioramento

continuo. Incentivare tutti i reparti a prendere spunto e attuare un nuovo processo di miglioramento sulla scorta del successo conquistato. Il pensiero Kaizen sprona alla ricerca del miglioramento e alla condivisione dei successi.

Man mano che si avanza in ogni passaggio è necessario mantenere la ruota del PDCA in movimento, rappresentando un miglioramento continuo. Quando si arriva di nuovo alla fase iniziale, si prendono in considerazione gli sviluppi precedenti per poi pianificare quelli successivi.

Ma, è bene ricordare, questo è solo il risultato di Kaizen. Il miglioramento continuo è la forza esterna, ma Kaizen è la forza interna che spinge a migliorare regolarmente e mettere in discussione lo status quo.

Una parte fondamentale della cultura Kaizen è che viene percepita come una mentalità, un modo di vivere. Non solo si migliorerà il processo (produttivo o non), ma si migliorerà anche a livello personale.

Una buona pratica comune è la condivisione delle conoscenze tra i membri del team e l'incoraggiamento dello sviluppo di ciascuno. In realtà, questo è anche lo stile di leadership che implica il ciclo Kaizen. Invece di essere soddisfatti per aver raggiunto il picco, bisogna assicurarsi di aiutare gli altri a raggiungerci in cima.

Chiarito questo aspetto, si possono ora presentare alcuni dei più notevoli benefici di avere una cultura Kaizen consolidata.

Innanzitutto, le persone vengono fatte crescere. Tutti parlano la stessa lingua e sono coinvolti assieme. Piccoli cambiamenti continui e standardizzazione portano quasi automaticamente tutti sulla stessa pagina. I dipendenti fanno parte del processo e della sua creazione, migliorandosi con esso. Si crea un ambiente in cui i suggerimenti delle persone vengono presi in considerazione e valutati. Si rendono le persone più attente nel cercare miglioramenti. Si arricchisce l'esperienza di lavoro di ogni persona facendo emergere il meglio da ognuno.

Si crea una mentalità di crescita. I valori dell'azienda si collocano tra i componenti più importanti di un'azienda di successo. Kaizen è un modo per unire tutti tra loro condividendo la stessa mentalità e lo stesso approccio verso il lavoro e lo sviluppo. Si crea la consapevolezza che anche un piccolo miglioramento è importante. Nasce un sistema che comunica a tutti i

miglioramenti apportati. Le reazioni delle persone che partecipano all'evento Kaizen sono buone perché, essendo coinvolti e informati fin dall'inizio, partecipano più volentieri.

Si aumenta la motivazione. I membri del gruppo lavorativo sono motivati a impegnarsi e migliorare quando vedono che fanno parte del cambiamento. Quando vedono le loro piccole idee incorporate in un processo di miglioramento continuo, sono più desiderose di tenere il passo e contribuire. Coinvolge tutti nel grande processo di miglioramento continuo.

Vi è una migliore accettazione di nuove idee: quando la tua organizzazione è abituata ad accettare lo status quo, a volte nuove idee e opportunità possono essere viste in una luce negativa. Con una strategia di miglioramento continuo implementata, i team di lavoro si abitueranno e apprezzeranno lavorare con l'idea che il cambiamento sia positivo.

Ultimo beneficio è la capacità di Kaizen di permettere la riduzione dei costi e un aumento della produttività. Costi ed investimenti sono ridotti. Si migliorano qualità, sicurezza, costi di struttura, spedizioni, ambiente, servizi al cliente. Le persone che lavorano in un'organizzazione sanno già quali cambiamenti bisogna apportare. Ecco qual è la potenzialità di ogni azienda e la sua risorsa più importante: le persone che vi lavorano. Con Kaizen i problemi diventano possibilità di miglioramento. Si migliora in ambiti quali l'utilizzo degli spazi, la qualità dei prodotti, l'utilizzo dei capitali, le comunicazioni, la produttività e la conservazione delle risorse umane. C'è una riduzione degli sprechi di attività quali l'immagazzinaggio, i tempi di attesa, il trasporto, la movimentazione delle persone, la formazione, la sovrapproduzione e la qualità in eccesso. I risultati sono immediati. Invece di focalizzarsi su grandi miglioramenti che prevedono grossi investimenti di capitale, ci si concentra sull'utilizzo della creatività per risolvere su base continua un grande numero di piccoli problemi. I grandi progetti che prevedono grossi cambiamenti e investimenti consistenti di capitali occorreranno ancora ma il Kaizen si concentrerà solo sui piccoli miglioramenti quotidiani. Le persone che lavorano in aziende dove si applica la metodologia Kaizen in genere trovano il lavoro più facile e godibile, hanno il morale più alto e sono più soddisfatte dell'attività lavorativa. Il loro turn-over, (ovvero il loro tasso di ricambio, o meglio il flusso di persone in ingresso e in un'uscita da un'azienda) è più basso.

Vale infatti la pena ricordare che, come parte importante della metodologia Lean Production, Kaizen è un componente necessario quando si intraprende il viaggio verso un'azienda Lean, riducendo al minimo gli sprechi.

CAPITOLO 4

IL REPARTO DI TAGLIO

Si è già detto di quanto ArsTech sia un'azienda "giovane" e in continua espansione, sotto vari punti di vista: finanziario, logistico, disponibilità di risorse umane, gamma di clientela.

Questo sviluppo deve essere bilanciato da una continua ricerca di miglioramento, da un perfezionamento delle tecniche produttive, dall'ottimizzazione delle risorse a disposizione e dall'implementazione di tecniche e metodologie di gestione sempre più efficienti.

È proprio in quest'ottica che l'azienda, a partire da un paio di settimane prima del mio periodo di tirocinio, ha sviluppato una bozza di progetto di revisione dei vari reparti con il dichiarato intento di sposare per la prima volta i principi del Lean Production e del Lean Thinking.

Si tratta di un radicale cambiamento nel modo di ragionare e di vedere i processi, sia da parte del management sia dei più semplici operatori a bordo macchina, che porterà importanti benefici solamente dal momento in cui l'intero personale sarà fermamente convinto di intraprendere questo "passaggio", e che necessita della massima coordinazione tra i vari membri della supply chain, che dovranno essere opportunamente formati.

Questo progetto non prevede la rivisitazione del processo produttivo in sé, già ben avviato e che mostra notevoli risultati, bensì il miglioramento di tutte le attività di contorno alla produzione: stoccaggio di materie prime o semilavorati, movimentazione dei pezzi, miglioramento delle condizioni di lavoro degli operatori, adeguamento ai principi 5S, tracciamento dello stato di avanzamento di un pezzo, focus sulla sicurezza, riduzione di ritardi, sprechi o inefficienze, automatizzazione delle attività, e maggiore attenzione all'immagine e alla pulizia, sia all'interno dei reparti che all'esterno dell'impianto.

Queste operazioni coinvolgeranno nel corso dei prossimi mesi tutte le stazioni di lavoro, ma nel mio periodo di permanenza in ArsTech ci si è potuti soffermare solamente sui reparti più "critici", ovvero il taglio, gli inserti e il magazzino.

La procedura che è stata adottata prevede quattro fasi, da ripetere per ogni reparto:

- analisi del processo: questa fase ha previsto la mia presenza per varie ore all'interno del reparto in esame, al fine di osservarne il funzionamento e di comprendere a fondo il perché delle varie attività. Non si può migliorare senza aver svolto un approfondito lavoro di analisi;
- individuazione delle criticità: dopo aver compreso l'attività di reparto, attraverso delle riunioni settimanali svolte insieme al "Lean Team" (di cui fanno parte i responsabili di operations&tools, risorse umane, programmazione della produzione, approvvigionamenti e attrezzatura, oltre al general manager e al titolare dell'azienda) si è passati alla elencazione dei problemi emersi con più frequenza, delle criticità, degli sprechi, delle inefficienze, e alla ricerca delle ragioni per cui questi si verificano;
- individuazione delle azioni correttive: per ogni problema sono state pensate una o più possibili soluzioni. Attraverso brainstorming sono state proposte varie soluzioni, e di ognuna di queste sono stati valutati i rispettivi pro e contro. Le proposte migliori sono state poi effettivamente portate avanti;
- applicazione delle azioni migliorative: questa fase verrà svolta più in là nel tempo, dato che alcune delle soluzioni pensate necessitano di molto tempo per la loro implementazione. Dopo aver realizzato le modifiche pensate, si potrà valutare l'effettivo miglioramento apportato.

La ripetizione periodica di questo ciclo è un perfetto esempio di come la filosofia Kaizen possa essere applicata nella pratica in azienda, e di come questa rappresenti la perenne ricerca della perfezione: ad ogni miglioramento ne segue un successivo.

4.1 L'ATTIVITÀ DI REPARTO

In questo reparto, il primo del ciclo produttivo che porterà poi alla realizzazione del prodotto finito in fibra di carbonio, si svolge l'attività di taglio dei prepreg e di preparazione dei kit di lavoro per il reparto successivo, ovvero la laminazione. L'input di questa fase è costituito dunque dai prepreg, la vera e propria materia prima da cui hanno origine i componenti in fibra di carbonio, e che vengono acquistati direttamente dai fornitori; l'output invece sono

buste contenenti il kit di materiale, opportunamente tagliato, che verrà poi consegnato ai team leader del reparto laminazione.

Analizziamo per prima cosa i prepreg, evidenziandone caratteristiche, utilità, e lavorazione. Prepreg è un termine inglese, che in italiano si traduce di solito con preimpregnati. Il preimpregnato è uno dei più importanti semilavorati che vengono impiegati nella produzione dei compositi. Tutti i materiali compositi sono infatti costituiti da due componenti: una serie di fibre (vetro, carbonio, kevlar ed altre) che vengono disposte con un orientamento ben preciso e che determinano le caratteristiche strutturali del pezzo finito ed una resina termoindurente (epossidica, poliestere, fenolica ed altre), che provvede a tenere insieme, nella posizione desiderata, le varie fibre. All'inizio la resina si presenta in forma liquida o viscosa e può essere stesa sulla fibra. Sottoponendo i due componenti (fibra e resina) ad un apposito ciclo termico (chiamato polimerizzazione o più semplicemente cottura) si otterrà il permanente indurimento della resina ed il pezzo in materiale composito.

Esistono vari modi per mettere insieme fibre e resina termoindurente. Ad esempio, si può partire da un filo continuo che viene avvolto sullo stampo e contemporaneamente impregnato di resina (il processo si chiama "filament winding"). Oppure si può prendere un tessuto secco, disporlo sullo stampo, ed applicare (con vari sistemi, ad esempio l'"hand lay up") la resina termoindurente necessaria.

Prepreg è invece la soluzione che prevede l'uso di un semilavorato, costituito da uno strato di fibre (orientate in modo unidirezionale, multiassiale, ecc.), che viene opportunamente impregnato del giusto quantitativo di resina termoindurente in un apposito macchinario (la macchina impregnatrice, per l'appunto).

Mentre con altri sistemi (ad esempio il filament winding) la disposizione della fibra, l'impregnazione, e la polimerizzazione avvengono in sequenza, in un ciclo produttivo unico, il prepreg viene di solito prodotto con largo anticipo rispetto alla polimerizzazione finale. Il prepreg viene infatti, come accennato in precedenza, acquistato esternamente e poi sottoposto a polimerizzazione durante il processo di produzione interno.

I preimpregnati hanno contribuito moltissimo al miglioramento delle performance globali dell'industria dei compositi, in particolare grazie a due caratteristiche:

- una costanza qualitativa molto migliore di sistemi alternativi che si evidenzia in particolare in rapporti definiti fibra/resina (con altri sistemi è spesso necessario utilizzare un quantitativo di resina maggiore del necessario perchè una percentuale importante di resina viene perduta, dispersa nel processo produttivo), con la conseguente possibilità di ottenere importanti riduzioni nel peso finale del composito;
- la possibilità di disporre le fibre con tutti gli orientamenti assiali desiderati, anche con "angolo zero" (cosa impossibile, ad esempio, con il filament winding) con il risultato di poter posizionare tutte le fibre, nel composito, nei quantitativi e con le disposizioni spaziali, le geometrie definite dalla progettazione.

Abbiamo parlato di semilavorato, ma in realtà le cose non stanno proprio in questi termini. Pochissime grosse aziende produttrici di compositi sono talmente grandi da effettuare internamente sia la fase di preimpregnazione, che la fase finale di produzione del composito vero e proprio.

La maggior parte del mercato si è invece diviso in due parti: a monte ci sono i produttori di preimpregnato che impiegano fibre e resine per ottenere il prepreg, a valle i produttori di compositi che invece acquistano il prepreg per realizzare il composito finito vero e proprio. Per queste ragioni il prepreg è un semilavorato se viene considerato l'intero ciclo produttivo dei compositi, ma invece è un prodotto vero e proprio, acquistato e venduto sul mercato. Si può dire che il mercato ha beneficiato moltissimo dalla separazione, perchè ha permesso la specializzazione delle operazioni, e con questa il miglioramento complessivo di tutta l'industria dei compositi.

Il prepreg si presenta di solito in forma di rotolo, di bobina, costituita da almeno due strati: il prepreg vero e proprio (fibra e resina) e un film (carta siliconata, film, politene, ecc.) che funge da supporto, da protezione e da distaccante.

Fatta questa necessaria premessa, si può passare alla descrizione dell'attività di reparto.

I rotoli di prepreg vengono, una volta ricevuti dal fornitore, conservati in una cella frigorifera alla temperatura di -20 gradi centigradi, al fine di preservarne le proprietà fisiche e chimiche. Con adeguato anticipo rispetto al momento in cui questi rotoli dovranno essere utilizzati in produzione, vengono spostati dal freezer in un'area di scongelamento, a temperatura controllata, dove vengono conservati anche i rotoli a più basso indice di rotazione, ovvero quelli utilizzati meno frequentemente.

Terminato lo scongelamento, i prepreg vengono collocati manualmente in una rastrelliera capace di contenere circa una ventina di bobine, quelle con un indice di rotazione più alto. Queste possono rimanere a temperatura ambiente per non più di 30 giorni; questo è il motivo per cui, ogni volta che un rotolo di prepreg viene estratto dall'area di scongelamento, viene stampata e attaccata vicino alla bobina un'etichetta che riporta, oltre ovviamente al nome di materiale (basato principalmente sullo spessore del rotolo) anche la data di estrazione, in modo che si abbia sempre controllo sul non superamento dei 30 giorni di permanenza sulla rastrelliera. Una volta che il rotolo viene utilizzato, infatti, rimane sulla rastrelliera fino all'utilizzo successivo.



(fig. 4.1 rastrelliera su cui vengono conservati i rotoli di prepreg)



(fig. 4.2 controllo data di scongelamento dei prepreg tramite etichette)

Quotidianamente, viene mandato al reparto taglio, il piano giornaliero, che prevede la preparazione di tutti i kit che dovranno essere laminati il giorno successivo; in questo modo, nel reparto laminazione, ogni giorno, si ha immediatamente la disponibilità di kit da laminare senza inutili tempi di attesa.

Gli operatori del reparto taglio, consultando il piano di produzione, srotolano manualmente dalla rastrelliera la bobina di prepreg che deve essere tagliato sopra una macchina automatica (cosiddetta “plotter di taglio”). Questa è gestita da un computer sul cui server sono stati preliminarmente caricati tutti i programmi di taglio, per tutti i clienti e per tutti i tipi di componenti. Una volta che l’operatore ha dunque posto il prepreg sul piano della macchina e l’ha ricoperto con uno strato di politene in modo da stabilizzare il rotolo creando il vuoto sotto di esso (anche il politene è collocato sulla rastrelliera ma in posizione più avanzata rispetto ai rotoli poiché utilizzato molto frequentemente), è poi il plotter a tagliare in modo del tutto automatico le cosiddette “dime”, ovvero le sagome che verranno poi laminate sopra gli stampi dei pezzi.

Terminato il taglio, che ha durata che varia in base alla complessità delle dime e al numero delle stesse, l’operatore scarta il politene tagliato, riavvolge la bobina in eccesso (il rotolo

infatti viene srotolato per 5 metri, ovvero la distanza tra la rastrelliera e lo “zero” del plotter, cioè il riferimento che ha la macchina per eseguire il programma, ma il prepreg viene utilizzato per una lunghezza che non supera i 160 cm, per cui la parte di rotolo che avanza deve essere riavvolta con il resto della bobina sulla rastrelliera) e poi separa il prepreg tagliato dagli sfridi, che vengono buttati essendo solitamente molto piccoli e non riutilizzabili. I programmi caricati sul server della macchina sono infatti stati progettati in modo da minimizzare la quantità di sfridi e utilizzare il più possibile il materiale.

Terminata anche questa operazione, le dime vengono spostate su un tavolo dove vengono posizionate insieme alle altre che fanno parte dello stesso kit: un kit, infatti, può essere composto da molte dime, che vengono quindi realizzate in più tagli successivi, oppure può essere composto da dime di materiali differenti, che ovviamente vengono tagliati uno alla volta.



(fig. 4.3 plotter di taglio in azione)

Una volta che sono state tagliate tutte le dime che appartengono allo stesso kit, queste vengono imbastate prestando particolare attenzione che non si pieghino all’interno della

busta (spesso vengono fermate tra loro con del nastro adesivo). Le dime di dimensioni maggiori vengono invece arrotolate con cura intorno ad un tubo di metallo, che viene anch'esso imbustato. Sigillate le buste con dello scotch, viene poi stampata un'etichetta dove si riporta il kit a cui si riferiscono le dime (ovvero nome del prodotto finito e del cliente) e il ciclo di produzione a cui dovranno essere successivamente sottoposte. Le buste, chiuse e provviste di etichetta, vengono immagazzinate su degli scaffali organizzati per cliente (ogni ripiano contiene kit per una determinata commessa) in attesa di essere portati in laminazione.

Per comunicare agli altri reparti che quel determinato kit è stato tagliato si "spara" con uno scanner l'etichetta apportata sulla busta, il che fa sì che anche sul software gestionale di ArsTech quella operazione risulti effettivamente "closed".

4.2 INDIVIDUAZIONE E ANALISI DELLE CRITICITÀ

Dopo aver trascorso diverse ore nel reparto di taglio, a stretto contatto con gli operatori, e osservando con attenzione lo svolgersi del loro lavoro, ci si è resi conto di alcune criticità che portano o quantomeno potrebbero portare a degli sprechi soprattutto in termini di logistica, tempo e spazio, non soddisfacendo quindi i principi Lean descritti abbondantemente in precedenza.

Premesso che soltanto poche settimane prima dell'inizio della mia esperienza di tirocinio ArsTech aveva provveduto all'acquisto della rastrelliera per immagazzinare i rotoli, risolvendo il grosso problema della collocazione delle bobine all'interno del reparto in modo disordinato, non gestendone peraltro la shelf-life tramite etichetta, sono emerse comunque altre difficoltà.

In primo luogo, le operazioni di attrezzaggio e disattrezzaggio della macchina di taglio impiegano dei tempi relativamente lunghi. Come detto, l'operatore deve innanzitutto collocare il rotolo di prepreg che si sta per utilizzare nella zona più avanzata della rastrelliera, srotolare la bobina fino allo zero del plotter (quindi per circa 5 metri), ricoprirlo con la stessa quantità di politene e dare lo start al programma sulla macchina. Dopo il taglio invece, bisogna rimuovere il politene e riavvolgere il prepreg avanzato, oltre ovviamente a separare le dime dagli sfridi. Non consideriamo la successiva fase di preparazione e di imbustamento dei kit

poiché vengono realizzati da un operatore diverso da quello che monitora il cutting, per cui non si ha perdita di tempo. Un taglio impiega dagli 8 ai 20 minuti per essere completato, mentre l'attrezzaggio e il disattrezzaggio ne impiegano circa 4 (è una media, in alcuni casi si impiega anche di più). Quindi, prendendo il caso migliore, su 24 minuti di taglio 4 sono operazioni non strettamente di produzione, equivalenti al 17%, percentuale che chiaramente aumenta per tagli di durata minore: decisamente troppo.

Un altro fattore critico è stato individuato quasi per caso, mentre mi si stava spiegando la funzionalità della rastrelliera. L'etichetta relativa ad una bobina, dove viene riportato il nome del prepreg e la data in cui è stata tirata fuori dall'area di scongelamento, evidenziava una data antecedente più di un mese all'istante di cui si sta parlando. Ciò vuol dire che quel prepreg aveva trascorso più di 30 giorni a temperatura ambiente, oltrepassando quindi la sua shelf-life, ossia la sua vita di scaffale, il che comporta il cambiamento di alcune sue specifiche proprietà meccaniche. Questa situazione non dovrebbe mai verificarsi, ma può succedere principalmente per due ragioni: la distrazione degli operatori, che spesso prendono il materiale quasi "in automatico", anziché controllare regolarmente che non si superi il limite dei 30 giorni, oppure a causa della presenza di materiali a basso indice di rotazione, che, una volta posizionati sulla rastrelliera, vengono utilizzati molto raramente e si rischia di non esaurirli entro il mese.

Rimanendo in tema di controllo del materiale, questo dovrebbe essere fatto anche al momento della ricezione della fornitura. Ovvero, bisognerebbe accertarsi (magari non ogni volta, ma saltuariamente a campione) che il materiale che si riceve dai fornitori sia esattamente della lunghezza richiesta in fase di ordine. Così facendo, si eliminerebbe il rischio di pagare centimetri di materiale che non si ricevono e si farebbe pressione ai fornitori sul rispetto degli ordini.

In ottica Lean, la presenza di scaffali per immagazzinare temporaneamente i kit prima di essere trasportati in laminazione rappresenta uno spreco. In primo luogo spreco di spazio, poiché in previsione di una crescita aziendale che comporterà aumento della produzione, aumento di commesse e quindi aumento di semilavorati, si andrà ad esaurire lo spazio in reparto per la sosta delle dime; in secondo luogo spreco inteso come non rispetto del principio dell'assenza di magazzini, dato che si deve andare a favore del flusso continuo dei prodotti, senza soste e senza interruzioni.



(fig. 4.4 scaffali di attesa delle dime)

Il trasporto dei kit finali poi, non viene gestito nella maniera migliore possibile. Le buste vengono caricate tutte insieme su un carrello, che viene portato in laminazione. Qui accade che i team leader delle varie squadre di laminatori debbano interrompere la loro attività per “frugare” tra le varie buste e prelevare quelle destinate alla propria squadra, creando perdita di tempo e soprattutto confusione. Una distribuzione più puntuale e meno dispersiva garantirebbe certamente un’efficienza migliore.

L’ultima ma non meno importante criticità individuata è stato il continuo andirivieni di laminatori all’interno del reparto di taglio. Per spiegare questo flusso di operatori (ovviamente non positivo) bisogna premettere che l’implementazione della filosofia Lean in azienda è ancora agli albori, e nei vari reparti vi sono ancora scorie della precedente logica produttiva. Fino a pochissime settimane prima del mio ingresso in ArsTech si ragionava in un modo totalmente diverso: non si tagliavano tutti i componenti per un determinato kit alla volta, ma si tagliavano tutti i componenti fatti di un determinato materiale. In questo modo si evitava sì il continuo cambiamento di prepreg da lavorare, visto che se ne tagliava uno alla volta, ma di contro al termine dei vari tagli vi erano accumulati sugli scaffali componenti spaiati che necessitavano di parecchio tempo per essere catalogati come appartenenti ad un

determinato kit. L'assenza della rastrelliera di cui si accennava in precedenza era quindi giustificata dalla non necessità di immagazzinare tutti i materiali contemporaneamente, ma bastava un solo rotolo, tutti gli altri rimanevano nella cella frigorifera fino al loro utilizzo. Ragionando in questo modo, ogni volta che un kit veniva preparato veniva lasciato sugli scaffali oppure consegnato subito in laminazione, a seconda delle esigenze. Il successivo cambiamento di logica ha richiesto perciò la revisione di tutti i programmi di taglio, non più fondati sul "si taglia un materiale alla volta" ma sul "si taglia un kit alla volta". Il fatto che il passaggio alla logica Lean sia ancora in corso spiega dunque la presenza di laminatori; fino a quando non verrà ultimata la revisione dei programmi (la quale costituisce un'operazione molto onerosa in termini di tempo), alcuni laminatori potrebbero avere bisogno di supplementi di materiale, richiedere chiarimenti, ecc.

Tutti questi difetti devono essere eliminati o perlomeno ridotti, come suggerisce la filosofia Lean Production, tramite delle opportune azioni correttive.

4.3 INDIVIDUAZIONE DELLE POSSIBILI AZIONI CORRETTIVE

Dopo aver attentamente individuato quali criticità caratterizzano il taglio, si può procedere con la determinazione e la valutazione delle possibili azioni correttive.

Il tempo di attrezzaggio/disattrezzaggio è spesso eccessivo ma è un problema risolvibile solo parzialmente. In particolare, il disattrezzaggio macchina non può essere svolto diversamente da come viene effettuato ora. L'operatore deve buttare il politene, riavvolgere il carbonio e separare dime da sfridi: sono tutte operazioni necessarie, non eliminabili, sta all'operatore quindi cercare di ridurre questo tempo agendo con maggiore efficienza.

Per quanto riguarda l'attrezzaggio, invece, la situazione è diversa. La predisposizione del rotolo nella zona anteriore nella rastrelliera e lo svolgimento dello stesso sulla macchina sono anch'esse operazioni non eliminabili, ma che possono essere automatizzate. Insieme al disegnatore che si occupa di progetti simili, si è infatti pensato di sostituire le tre rastrelliere con un unico "magazzino" verticale, capace di contenere tutte le bobine di carbonio. Questo dispositivo, collegato ad un controllore logico programmabile (in inglese PLC), consentirebbe di selezionare tramite monitor del PLC il rotolo che deve essere tagliato: il macchinario porterà automaticamente in primo piano il rotolo selezionato, con l'operatore che dovrà

solamente svolgerlo sul plotter. Questo magazzino poi sarà capace di riarrotolare la bobina una volta terminato il taglio, semplificando e riducendo il lavoro umano. La realizzazione di questo progetto, oltre a diminuire i tempi di setup della lavorazione, consentirebbe anche di apportare una maggiore automatizzazione all'interno del reparto, oltre che una gestione più snella dello stoccaggio delle materie prime: un significativo miglioramento in ottica di Lean Thinking.

Il problema maggiore di questo reparto è il rischio che i rotoli di prepreg vadano "a scadenza" mentre si trovano ancora sulla rastrelliera. Come detto, ciò può essere causa della distrazione umana, ma il più delle volte l'origine di questo problema sta nella presenza di materiali a basso indice di rotazione: vengono quindi utilizzati troppo poco nell'arco dei 30 giorni della loro shelf life. La soluzione più semplice e immediata a questa criticità potrebbe essere quella di tagliare il materiale che si sa già che non verrà utilizzato frequentemente, mantenendo la parte restante del rotolo nella cella frigorifera. Si è dunque valutato, in termini di costi e benefici, l'acquisto di una macchina arrotolatrice. In commercio esistono vari tipi di queste macchine, ma è stata individuata, attraverso un continuo dialogo con vari fornitori, quella che più faceva al caso di ArsTech. Si tratta di una macchina dalle dimensioni non eccessive, dotata di rotelle in modo da poter essere facilmente movimentata all'evenienza, e che permette le seguenti funzionalità: si appoggia il rotolo estratto dall'area di scongelamento sulla macchina; questa lo svolge trasversalmente da un lato e lo riavvolge dall'altro, permettendo tramite un contometri elettronico, di misurare la lunghezza della parte riarrotolata. O meglio, l'addetto incaricato imposterà la lunghezza desiderata (ad esempio si prevede che in un mese quel determinato tipo di prepreg sarà necessario per una lunghezza non superiore ai 10 metri), e la macchina svolgerà e riarrotolerà esattamente quella quantità. Verrà consegnata anche una taglierina dotata di guida per tagliare la quantità di materiale che è stata impostata. L'acquisto di questa arrotolatrice aiuterà dunque sensibilmente la gestione della vita di scaffale del carbonio.



(fig. 4.5 macchina arrotolatrice automatica)

Questo investimento però (si parla di circa 9.000€ di spesa) avrà inoltre una duplice funzione, oltre quella appena presentata. L'arrotolatrice consentirà infatti anche di verificare le forniture. Si è pensato infatti di misurare a campione alcuni rotoli al momento della loro ricezione, per assicurarsi che il metraggio di materiale consegnato sia esattamente quello che è stato ordinato; questi materiali infatti sono molto cari (costano circa 30€/m²) ed è bene evitare che alcuni fornitori possano commettere errori, voluti o non, al momento della consegna. Eventuali discrepanze tra merce ordinata e merce ricevuta saranno ovviamente sanzionate attraverso delle penali, consentendo anche di rientrare a lungo termine con l'investimento.

Riguardo alla presenza di scaffali, questi scompariranno a breve quasi automaticamente. L'azienda infatti ha già implementato la logica del "One Piece Flow", ma il processo deve ancora completarsi. Con la fine della revisione di tutti i programmi di taglio, si passerà definitivamente al One Piece Flow, e non ci sarà più bisogno di magazzini. Le giacenze già pronte sugli scaffali (derivanti dal vecchio sistema di produzione) si esauriranno nel giro di poche settimane (per via di questo "passaggio" infatti si programmeranno dei tagli che in realtà sono già stati effettuati), e a quel punto gli scaffali verranno rimossi. I kit verranno

tagliati uno alla volta, e riposti, mano a mano che si completano, sui carrelli, che verranno poi portati in laminazione alla fine del turno di lavoro.

L'ultima azione correttiva da apportare riguarda proprio i carrelli. Come già detto, ArsTech attualmente dispone solamente di un paio di carrelli (ad un unico ripiano oltretutto) sul quale vengono caricate in modo abbastanza confusionario tutte le buste. Una volta che arrivano in laminazione, i team leader perdono tempo a setacciare le buste e riconoscere i kit a loro dedicati. Sono stati acquistati allora 20 carrelli a più ripiani (8), con la caratteristica che i ripiani sono ripiegabili su sé stessi in caso di non utilizzo. Questi carrelli non sono facilmente reperibili in commercio date le specifiche particolarità che ne sono state previste, per cui sono stati progettati internamente e fatti realizzare "su misura" da un fornitore. Di questi 20 carrelli, 10 saranno posizionati al taglio e 10 in laminazione. I 10 del taglio saranno dedicati uno per ogni team di laminatori, e sui vari ripiani verranno collocate più in alto le dime da lavorare per prime. Così facendo, i laminatori utilizzano il carbonio posizionato sul ripiano più alto, poi lo chiudono e passano a quello sottostante: il lavoro è organizzato, i carrelli sono estremamente ergonomici e la distribuzione dei kit non è confusionaria come in precedenza. Alla fine della giornata quindi si porteranno i 10 carrelli (pieni) del taglio verso la laminazione (non si pensi che il trasporto di così tanti carrelli sia difficoltoso: i due reparti sono separati semplicemente da una porta automatica) e si porteranno indietro i 10 carrelli (ormai vuoti) della laminazione. La particolare struttura di base che è stata pensata per questi carrelli permetterà anche di impilarli uno accanto all'altro una volta chiusi tutti i ripiani, permettendo così di risparmiare molto spazio per la loro sistemazione all'interno del reparto.

Applicando tutte queste migliorie i principi cardine della produzione Lean saranno completamente soddisfatti. Gli sprechi di tempo sono ridotti, si occupa meno spazio possibile, le scorte di semilavorati sono azzerate, si lavora seguendo il flusso di un prodotto alla volta, le attrezzature sono ergonomiche e sicure, la programmazione della produzione è sempre tirata dalla domanda dei vari clienti.

CAPITOLO 5

IL REPARTO INSERTI E RIEMPITIVI

5.1 L'ATTIVITÀ DI REPARTO

Passiamo ora all'analisi di un secondo reparto, quello adibito alla realizzazione di inserti e di riempitivi. Non si tratta del reparto "successivo" al taglio ma ne è strettamente legato, quasi parallelo, in quanto taglio ed inserti sono i due reparti che forniscono gli input per la laminazione: il primo realizza tutte le dime di un determinato kit, il secondo realizza i componenti aggiuntivi utilizzati dai laminatori per la preparazione dei pezzi da portare poi in autoclave, come si vedrà più nel dettaglio.

Gli inserti sono sostanzialmente dei piccoli componenti metallici che permettono il collegamento tra due parti in composito. Le principali tipologie di inserti possono essere:

- boccole filettate: sono elementi di fissaggio ideali per creare collegamenti connotati da elevata resistenza meccanica oltre che per rigenerare sedi deteriorate;
- perni: ampiamente utilizzati per un fissaggio rapido e semplice e per il collegamento di diversi componenti, si declinano in una varietà di versioni pressoché infinita in termini di forme e dimensioni, che prevedono per ogni specifico materiale, un processo di inserimento, tra i quali perni filettati a deformazione, autoaggancianti a pressione, a saldare, in ottone ecc.;
- dadi: appositamente studiati per applicazioni su pannelli laminati anche di spessori sottili, i dadi in gabbia consentono di predisporre sedi filettate removibili all'interno di un foro quadrato pre-punzonato. Oltre a permettere il riposizionamento, questi sistemi, a differenza dei fori filettati, possono essere sostituiti in caso di danneggiamento dovuto ad un eccessivo serraggio della vite;
- rivetti: ideati per realizzare fissaggi meccanici definitivi, laddove non sia possibile procedere con una saldatura, possono essere utilizzati su laminati, plastica e

compositi, con il duplice vantaggio di poter unire più di due elementi per volta, anche di materiali diversi. Il processo di unione meccanica assicura un fissaggio ad elevata resistenza con una posa facile e rapida;

- tondini, chiodi di incollaggio, bussole autofilettanti ecc.

Ad eccezione dei tondini, che vengono acquistati esternamente dal capo reparto, tutte le varie tipologie di inserti vengono realizzate tramite dei processi di lavorazione interni ad ArsTech.



(fig. 5.1 varie tipologie di inserti metallici)

Per quanto riguarda invece i riempitivi, questi sono fondamentali per la costituzione, se necessario, dei cosiddetti pannelli a sandwich. Per pannelli a sandwich, o struttura a sandwich, si intende un elemento costituito da due strati resistenti, detti pelli o facce, distanziati tra loro e collegati rigidamente ad un elemento connettivo che prende il nome di core: la struttura così composta ha un comportamento statico notevolmente migliore delle singole parti da cui è costituita.

Il core, o riempitivo, è in genere un materiale leggero e poco resistente, che permette di distanziare le pelli, composte di materiale nobile e di spessore ridotto. Le pelli sono preposte alla distribuzione dei carichi nel piano, la presenza del core è invece utile ad aumentare il valore della rigidità flessionale del pannello, che dipende dalla distanza delle lamine dal piano medio. L'impiego di tale struttura è quindi paragonabile al concetto della trave con sezione a I, dove l'anima serve ad aumentare la rigidità flessionale nella direzione della

stessa. Distanziando le pelli si ottiene un incremento notevolissimo della rigidità rispetto a un pannello costituito soltanto da uno spessore di materiale pari a quello delle due facce, con un incremento di peso ridottissimo (altro fattore chiave). Un esempio più comune di pannello sandwich è costituito da quel cartone in cui gli strati esterni piani sono separati da uno strato di cartone ondulato.

Le pelli, come ampiamente detto, sono solitamente costituite di materiale dall'elevata resistenza meccanica, che può essere un materiale composito in fibra di vetro, carbonio o kevlar, o anche di alluminio sottile o acciaio. Per il riempitivo vengono impiegate strutture con celle a nido d'ape (honeycomb), schiume, oppure altri materiali.

Le celle a nido d'ape vengono ottenute in vari modi:

- da lastre sottili di alluminio che vengono lavorate per espansione o per deformazione. Nel primo caso si sovrappongono le lastre, tra le quali è stato preposizionato adesivo strutturale su fasce a intervalli equidistanti, con l'accortezza di sfasare quello dello strato inferiore rispetto a quello superiore. Si polimerizza l'adesivo strutturale in modo da ottenere l'ancoraggio su queste fasce e si deforma il blocco con una trazione opportuna in direzione perpendicolare alle lastre deformandolo plasticamente. Nel secondo caso si lavorano prima le lastre deformandole plasticamente attraverso il passaggio tra rulli dentati con opportune geometrie e si ottiene il prodotto finito per incollaggio;
- strutture a nido d'ape costituite da celle di fibre aramidiche in una matrice di resina termoindurente.



(fig. 5.2 fogli di honeycomb in alluminio)

Si ricordano alcuni problemi di instabilità locale o globale che presentano sandwich con riempitivo di tipo honeycomb:

- il crimpling è un fenomeno di disallineamento dei piani delle pelli a seguito di una sollecitazione di taglio che induce un eccessivo sforzo locale della cella; per ovviare a questo problema occorre dimensionare lo spessore della cella in modo che possa sostenere i carichi previsti;
- il wrinkling è una sorta di fenomeno di buckling localizzato delle pareti di un insieme di celle che si presenta come un avvallamento in una delle pelli; in questo caso il problema è legato al modulo di compressione di facce e core;
- il dimpling si presenta come una eccessiva flessione della pelle nello spazio vuoto tra le pareti delle celle creando una superficie ondeggiata; dimensionando l'area delle celle si può monitorare questa forma di instabilità globale della pelle.

Le schiume sono invece quei materiali cellulari ottenuti mediante la dispersione di un gas in un materiale plastico solido. La schiuma può essere:

- a celle aperte, se la fase gassosa è continua;

- a celle chiuse, se la fase gassosa non è interconnessa;
- flessibile, semi-rigida o rigida;
- di materiale termoplastico o termoindurente.

La schiuma può essere allo stato liquido, se viene immessa a pressione nello stampo unitamente al gas, oppure in blocchi solidi semilavorati che vengono opportunamente tagliati e lavorati. Le schiume sono facilmente lavorabili e hanno basso costo, e per questo sono solitamente usate per costruire pannelli sandwich, nonostante le loro caratteristiche meccaniche siano inferiori a quelle del nido d'ape. Presentano ottime caratteristiche di isolamento termico e acustico, ottima capacità di smorzamento delle vibrazioni e resistenza agli urti.



(fig. 5.3 schiume di rohacell)

È più chiaro ora come inserti e riempitivi siano fondamentali per la preparazione del pezzo finale. Questi costituiscono l'output di questo reparto e l'input per il reparto di laminazione. I laminatori, infatti, seguendo il plybook, rivestono gli stampi con un opportuno numero di strati di materiale adeguatamente tagliato (quello che proviene dal taglio), se richiesto inseriscono anche honeycomb/schiume che fungono da riempitivi, e inserti, soprattutto nel

caso in cui si sta laminando un pezzo che dovrà poi essere incollato, assemblato, o fissato ad un altro componente, come può essere ad esempio un telaio. La presenza di inserti dipende sostanzialmente dal tipo di laminato che si sta lavorando, mentre l'honeycomb può essere o richiesto direttamente dal cliente in fase di commessa oppure dal PM responsabile del progetto, in modo da assicurare migliore comportamento statico, minor peso, e, ovviamente, un minor costo.

Vediamo a questo punto come è organizzato il lavoro in questo reparto produttivo, partendo dalla lavorazione dei riempitivi.

Questi particolari materiali vengono acquistati da fornitori esterni rispettando un determinato punto di riordino: quando la scorta di riempitivi scende sotto una soglia prestabilita, il capo reparto provvede all'emissione di un nuovo ordine.

I riempitivi arrivano sotto forma di "fogli" di spessore variabile e di dimensioni elevate (che possono arrivare fino a 200x100 cm) e vengono stoccati in un magazzino a temperatura e umidità controllata appositamente adibito, divisi per tipologia.

Come già visto in precedenza, anche in questo reparto gli operatori trovano quotidianamente su un monitor il programma di produzione giornaliero, ordinato per priorità dei vari articoli, e che ovviamente coincide con quello del reparto di taglio, in quanto queste due aree devono essere coordinate per realizzare l'input per la laminazione: ciò che prepara il taglio deve coincidere con ciò che preparano gli inserti, in modo che in laminazione si riceva simultaneamente l'input da parte di entrambi i reparti, senza determinare tempi di attesa o tempi morti. A differenza del taglio però, dove tutti i pezzi messi in produzione in un determinato giorno compaiono sul monitor, nel reparto inserti e riempitivi non compaiono tutti. La spiegazione è molto semplice: tutti i pezzi che devono essere prodotti hanno ovviamente bisogno di essere tagliati, ma non tutti necessitano di inserti o di materiali di riempimento.

Il capo reparto, dunque, a inizio turno ha già un feedback visivo di ciò che si dovrà produrre quel giorno, anche in questo caso con la logica del giorno di anticipo. Si prepara oggi ciò che in laminazione servirà domani.

Dando lo "start" ad un determinato prodotto, può iniziare la lavorazione. L'operatore si reca al magazzino riempitivi (collocato al piano superiore rispetto al reparto), preleva il grezzo

interessato e lo porta in uno dei forni liberi per tagliarlo nelle dimensioni previste dalla distinta (anche questa visibile da monitor). Il materiale in eccesso viene riportato in magazzino, la parte da lavorare invece deve essere trattata in un secondo forno, dove subisce un ciclo di essiccazione della durata di 6 ore.

Terminato il ciclo, il riempitivo deve essere lavorato, in modo da conferirgli la forma desiderata. Non tutti i grezzi seguono lo stesso trattamento: quando c'è bisogno di uno strato più spesso di riempitivo, i vari fogli di honeycomb, alluminio, nomex o rohacell vengono sottoposti ad un ciclo di cura in autoclave in modo da incollarli tra loro per avere uno spessore maggiore, quando non si presenta questa necessità vengono direttamente portati in fresatura.

La fresatura è l'operazione più importante che viene svolta in questo reparto, anche in termini di tempistica, poiché nella maggior parte dei casi si impiegano anche molte ore di lavorazione, nonostante non ci sia una durata standard. Si tratta di una lavorazione per asportazione di materiale che consente di ottenere una vasta gamma di superfici (piani, scanalature, spallamenti, forature, ecc.) mediante l'azione di un utensile tagliente a geometria definita. Le caratteristiche più importanti della lavorazione per fresatura sono l'elevata precisione e la buona finitura superficiale del prodotto finito; una buona fresatrice può produrre pezzi con tolleranze inferiori al micron e una superficie a specchio. I principali parametri di lavoro della fresatura sono la velocità di taglio, da cui si ricava la velocità di rotazione della fresa, e l'avanzamento del pezzo. Poiché la fresatura lavora per sottrazione, è necessario che questo possa essere inscritto nel pezzo di partenza da cui verrà asportato il sovrametallo.

La lavorazione viene effettuata mediante utensili, detti frese, montate su macchine utensili quali fresatrici o fresalesatrici. La fresatura, a differenza di altre lavorazioni più semplici, richiede la rotazione dell'utensile e la traslazione del pezzo: i taglienti della fresa, ruotando, asportano metallo dal pezzo quando questo si trova in interferenza con la fresa a causa della traslazione del banco su cui il pezzo è ancorato.



(fig. 5.4 interno di una delle fresatrici presenti in ArsTech)

Il ciclo lavorativo prevede normalmente una prima fase di sgrossatura, in cui l'asportazione viene fatta nel modo più rapido e quindi più economico possibile, lasciando un sufficiente sovrametallo per la successiva fase di finitura in cui si asportano le ultime parti eccedenti per raggiungere le dimensioni previste ottenendo una superficie più liscia. La finitura, che consiste in una asportazione limitata di metallo, consente di rispettare il progetto per quanto riguarda le tolleranze delle dimensioni e il grado di rugosità delle superfici.

La fresatura, come accennato in precedenza, non ha chiaramente una durata standard, ma variabile a seconda delle dimensioni e della tipologia di materiale che deve essere fresato.

Il prodotto fresato (o trattato in autoclave) a questo punto viene imbustato con buste umidificanti e stoccato in attesa di essere consegnato in laminazione al termine della giornata lavorativa, esattamente come al taglio. Sulla busta, anche qui, viene apportata un'etichetta che riporta nome del cliente e dell'articolo, nome dell'operatore che ha lavorato il pezzo, e nome del team di laminatori a cui dovrà essere consegnato.

Una procedura molto simile viene applicata per gli inserti. La materia prima non sono più fogli di riempitivi ma materiali metallici come acciaio o alluminio. Questi metalli vengono reperiti

esternamente, ma l'azienda possiede un meccanismo di riciclo e recupero dei metalli di scarto, per cui si crea una sorta di economia circolare che consente ad ArsTech di rifornirsi, il più delle volte, autonomamente.

Il reparto in esame possiede molti inserti a magazzino, ma nel caso in cui quelli previsti dal planning non siano disponibili, si avvia il processo di produzione. Si prelevano le piastre di acciaio o alluminio dal magazzino, collocato all'aperto, fuori dall'azienda, ma riparate da eventuali piogge o neviccate, e si portano in fresatura. Queste vengono trattate come spiegato in precedenza per i riempitivi, e dopo la fresatura avranno assunto la forma finale.

A differenza dei riempitivi, gli inserti spesso dopo la fresatura vengono letteralmente ripuliti in una lavatrice industriale, e successivamente sottoposti a sabbiatura. Quest'ultima lavorazione in particolare consiste nel raschiare le superfici metalliche con un getto di sabbia, in modo da ripulirla da tutto ciò che è estraneo alla loro natura metallica chimicamente intesa.



(fig. 5.5 una delle aree di lavorazione meccanica)

Terminata anche questa lavorazione, gli inserti sono ormai pronti. Anche loro vengono imbustati, ed etichettati con le stesse informazioni applicate anche alle buste dei riempitivi.

In laminazione quindi, gli operatori troveranno a inizio turno varie buste, ognuna contenente riempitivi o inserti di un determinato articolo da laminare.

Così come avveniva al taglio, quando un articolo viene considerato “closed” dal capo reparto, viene dato il relativo comando di “finish” sul monitor, e si passa al prodotto successivo.

5.2 INDIVIDUAZIONE E ANALISI DELLE CRITICITÀ

Abbiamo visto come il reparto inserti/riempitivi sia un reparto dove la quasi totalità delle operazioni sono svolte dalle macchine, per cui ci si aspetterebbe che ci siano ben pochi aspetti da analizzare per l’implementazione della filosofia Lean.

In realtà la situazione è ben diversa. Nonostante infatti la buona organizzazione e la discreta efficienza del reparto, si sono riscontrate delle criticità molto importanti, che hanno radici impiantate alla base dell’attività di reparto e che ne compromettono un fluido scorrimento.

In primo luogo la collocazione delle varie postazioni. L’ottica Lean prevede la disposizione più vicina possibile delle stazioni di lavoro tra loro successive, per esaltare il flusso continuo dei semilavorati da un centro all’altro. Il fatto che il magazzino dei riempitivi si trovi ad un piano superiore e che quello dei metalli per gli inserti sia fuori dall’azienda costituiscono allora delle trasgressioni alle regole imposte dalla Lean Production.

La soluzione migliore dal punto di vista del layout sarebbe quella di avvicinare il più possibile i magazzini ai forni e alla fresatrice, in modo che i pezzi facciano poca strada tra un punto e l’altro, evitando anche l’utilizzo di muletti per il trasporto ad esempio di piastre di acciaio che possono rappresentare dei pericoli per la sicurezza degli operatori.

Un piano di re-layout però non è al momento preso in considerazione, dato l’ingente impegno che ArsTech sta portando avanti nella realizzazione di un terzo capannone, adiacente ai due già presenti. Una volta che il terzo plant sarà a tutti gli effetti pronto si potrà pensare ad una ricollocazione del parco macchine e, più in generale, una ridisposizione dei vari reparti, favorendo quello che è il flusso dei semilavorati all’interno della filiera produttiva.

Data per assodata la non possibilità di modificare, almeno per ora, il layout del reparto, ci si può focalizzare sul vero problema organizzativo di questo centro di lavoro, che fa sì che

questo sia perennemente in ritardo. Un ritardo agli inserti comporta tempi di attesa dei laminatori, ovvero tempi morti, e quindi inefficienza.

È stato analizzato nel dettaglio il motivo di questa condizione quasi standard di ritardo.

La premessa che è necessario fare è che in questo centro vengono effettuate delle lavorazioni che durano molte ore, ed è per questo che in questo reparto il lavoro si svolge su 3 turni, permettendo così alle macchine di lavorare 24 ore al giorno.

Il planning stabilito dal responsabile della produzione tiene ovviamente conto della durata delle varie lavorazioni, permettendo agli operai turnisti di completare l'intero piano nell'arco della giornata.

La situazione diventa critica nel momento in cui il piano di produzione subisce delle improvvise variazioni. Queste vanno sempre messe in conto per vari motivi: potrebbero cambiare le priorità degli articoli (e quindi un pezzo può slittare al giorno successivo) a causa di un rinvio della data di consegna di una commessa; o il caso contrario, quando una commessa viene anticipata e quindi diventa improvvisamente prioritaria rispetto ad altre che potrebbero essere già in lavorazione alle macchine; o ancora, l'ufficio commerciale potrebbe aver accettato degli ordini con troppo poco anticipo sulla data di evasione; infine, la manutenzione, necessaria, delle macchine potrebbe impiegare del tempo che difficilmente sarà recuperato entro il termine della giornata, non dipendendo la lavorazione dall'efficienza dell'uomo ma dai tempi di normale ciclo delle macchine.

A tutto ciò si aggiunge un ulteriore aspetto, che è quello della prototipazione. ArsTech infatti porta avanti in parallelo sia la normale produzione che la prototipazione di vetture all'avanguardia o mai realizzate prima, a stretto contatto con il cliente. Quando un nuovo cliente infatti richiede ad ArsTech la realizzazione della carrozzeria di un'automobile, il progetto viene catalogato come "prototipo" almeno per i primi 4/5 modelli, prima di essere considerato come produzione vera e propria. Oppure può accadere che un cliente abituale sviluppi un nuovo modello e ne richieda la realizzazione di un prototipo.

Per scelta aziendale, i prototipi hanno priorità sulla produzione (generano infatti maggiori introiti). Ma allo stesso tempo, la prototipazione non può essere prevista, e genera quindi una inattesa accelerata del ritmo produttivo, in modo da non rimanere indietro con la produzione e realizzare al contempo anche i nuovi campioni.

Queste variazioni del ritmo di produzione incidono in maniera più significativa sui primi due reparti dell'azienda, il taglio e gli inserti. Ma questi reagiscono in modo diverso: se al taglio aggiungere un cutting in più rispetto al piano non comporta particolari problemi, essendo un'operazione che come è stato già detto porta via non più di 30 minuti, stessa cosa non si può dire per gli inserti. Fresare dei grezzi "fuori lista" impiega 6 ore di essiccazione del riempitivo a cui si aggiungono altre ore per la fresatura vera e propria, con conseguente slittamento degli altri articoli. Stessa situazione per la realizzazione degli inserti.

Accade quindi, quasi quotidianamente, che all'inizio di una giornata lavorativa si debba ancora concludere il lavoro del giorno prima, o addirittura del giorno prima ancora, creando un ritardo quasi di default.

La conseguenza di questo ritardo è che non si riesce ad approvvigionare il reparto di laminazione nella maniera corretta. Come detto, la situazione ideale prevede la consegna dei kit imbustati al termine del turno notturno, in modo che i laminatori all'inizio della giornata lavorativa successiva abbiano subito i materiali a disposizione per svolgere il proprio lavoro. Essendo però il reparto perennemente indietro rispetto al planning, questa metodologia di consegna viene modificata in modo da non lasciare i laminatori fermi in attesa dei pezzi. È quindi diventata ormai prassi consegnare i semilavorati non appena sono pronti, su richiesta dei vari laminatori che si trovano eventualmente bloccati. Non si fa quindi una sola consegna al giorno, ma più consegne, con conseguente viavai di carrelli all'interno dell'azienda (inserti e laminazione non sono reparti contigui).

Anche i carrelli stessi non sono adeguati alla funzione che ricoprono: hanno un solo ripiano, per cui le buste vengono impilate una sopra all'altra senza distinzioni, e all'arrivo in laminazione si perde tempo per distribuirle correttamente ai vari team, un po' come accadeva tra il taglio e la laminazione.

Tutti questi aspetti costituiscono degli sprechi rispetto al pensiero Lean, e generano una notevole perdita di efficienza.

5.3 INDIVIDUAZIONE DELLE POSSIBILI AZIONI CORRETTIVE

Avendo già risolto il problema del trasporto dei semilavorati tra il reparto di taglio e il reparto di laminazione, è semplice intuire come, anche per gli inserti, possiamo adottare una soluzione molto simile.

Ogni team di laminazione dovrà ricevere un kit di inserti e di riempitivi ben preciso. Confondere tutti i kit sullo stesso carrello non è dunque la metodologia di trasporto migliore. Questa volta non è necessario un carrello per ogni team, data la dimensione molto ridotta degli inserti e generalmente anche dei riempitivi, salvo casi particolari (ad esempio i riempitivi dedicati ai telai).

Sono stati dunque acquistati 2 carrelli (anche qui, uno carico che va e uno scarico che torna) a 4 ripiani. In aggiunta sono stati acquistati anche dei cassettei a bocca di lupo da posizionare all'interno dei vari ripiani, che saranno dedicati uno per ogni team di laminatori per la consegna dei soli inserti.

I riempitivi più lunghi verranno messi in verticale in una "sacca" laterale al carrello, fabbricata internamente. Quelli di dimensioni più ridotte verranno posizionati sul ripiano superiore del carrello.

In questo modo, quando il carrello arriverà in laminazione, i team leader preleveranno gli inserti che serviranno al proprio team dal cassetto dedicato appositamente a quel team, e i riempitivi dal ripiano superiore o dalla sacca laterale. Non si crea confusione, incomprensioni tra i leader e il tutto verrebbe gestito molto più efficientemente.



(fig. 5.6 carrello di trasporto tra inserti e laminazione)

La soluzione al problema della distanza tra magazzino inserti, magazzino riempitivi e il centro di lavoro vero e proprio, come è stato già specificato, sarebbe quella di un layout generale del reparto. Questo progetto però sarà perseguito solamente in seguito alla realizzazione del terzo plant produttivo, i cui lavori procedono spediti con data prevista di fine cantiere stimata per la fine di giugno.

Possiamo ora focalizzarci sulla ricerca di una soluzione che migliori l'efficienza del reparto, e che quindi elimini, o quantomeno riduca, il problema del ritardo.

Nelle riunioni a cui ho partecipato insieme ai responsabili del reparto, oltre ai manager operativi di ArsTech, sono state fatte diverse proposte: come nei comuni processi di problem solving, il cosiddetto "brain sorming" ha portato a idee che sono state immediatamente bocciate, altre sono state considerate interessanti, altre ancora approfondite più nel dettaglio.

Per quanto un problema così grande possa portare facilmente a pensare che la soluzione sia altrettanto complessa, in realtà le due azioni migliorative che sono state valutate sono estremamente semplici, seppur di difficile applicazione.

La prima, e più scontata, prevede un investimento per una ulteriore macchina di fresatura. ArsTech possiede un parco macchine con pochi eguali in Italia per quanto riguarda il campo dei compositi, e dispone di ben tre fresatrici. Di queste però, due sono dedicate quasi esclusivamente alla prototipazione. Di conseguenza, la produzione viene portata avanti con una sola fresatrice, che lavora 24 ore al giorno, ma che può non rivelarsi sufficiente.

Nei periodi in cui la produzione è più stressata infatti, poter contare su due macchine anziché una consentirebbe, in maniera anche abbastanza semplice, di risolvere il problema del ritardo. È come se per completare il planning giornaliero si avessero a disposizione 48 ore anziché 24.

Chiaramente questa ipotesi costituisce un investimento molto oneroso, per cui si dovrà effettuare un'attenta valutazione sul rapporto costi/benefici. Si è certi che non si possa risolvere il problema in un altro modo, magari più economico? La spesa vale la resa? E se due macchinari fossero poi eccessivi?

Nel rispondere a queste domande si è trovata la possibile seconda soluzione. Come detto, il vero problema sta alla base, ossia alla programmazione della produzione, ed è in questa fase che è necessario intervenire.

La filosofia Lean ci dice di programmare un piano di produzione con un certo anticipo, che questo programma sia stabile (ovvero che non cambi da un momento all'altro) e di realizzare solo i prodotti previsti dal piano, senza accumulare scorte.

Al taglio vengono tagliate le dime con due giorni di anticipo, ovvero si prepara oggi ciò che servirà in laminazione tra due giorni. Stessa cosa dovrebbe accadere nel reparto di inserti e riempitivi, dovendo questi due centri essere perfettamente allineati nella fornitura dei rispettivi output.

Fino ad alcune settimane prima dell'inizio del mio tirocinio in ArsTech, non c'era la digitalizzazione dei piani di lavoro. Ogni giorno venivano consegnati i piani cartacei ai vari centri e si lavorava rispettando tali piani. Nell'ottica di modernizzazione e digitalizzazione dell'azienda, sono stati portati sul gestionale tutte le distinte e tutti i programmi di lavorazione. È stato un processo molto lungo e che è ancora in corso, ed è per questo che si può definire ArsTech un'impresa estremamente dinamica e in continua evoluzione.

L'implementazione del sistema gestionale agli inserti però è partita con un giorno di ritardo. Ciò significa che gli inserti lavorano con un solo giorno di anticipo, per essere allineati al taglio (che però lavora con due giorni di anticipo). Questa discrepanza è il vero fattore chiave che genera il ritardo.

Rivedere la programmazione permetterebbe alcuni notevoli vantaggi, tra cui:

- i due reparti tornerebbero ad essere coordinati, lavorando con la stessa logica;
- il rifornimento della laminazione avverrebbe come inizialmente previsto: al termine degli ultimi turni, si consegna in laminazione tutto il materiale (sia i tagli che inserti/riempitivi) che serviranno agli operatori due giorni dopo;
- lavorando con due giorni di anticipo, si riducono ritardo e tempi morti: se il lavoro giornaliero non viene completato (per insufficienza di ore macchina, inefficienza degli operatori, cambiamenti improvvisi di produzione, ecc.) si può eventualmente recuperare il giorno seguente senza che il reparto successivo sia bloccato;
- il reparto inserti sarebbe meno stressato, permettendo anche agli operatori di lavorare meno freneticamente, riducendo sensibilmente il rischio di errori (che vanno comunque sempre tenuti in considerazione);
- evitare l'acquisto di nuovi macchinari.

CAPITOLO 6

IL MAGAZZINO

6.1 L'ATTIVITÀ DI REPARTO

La gestione del magazzino è, da sempre, uno degli aspetti più critici ed importanti nell'organizzazione di un'azienda. Ciò deriva dal fatto che si tratta di un reparto molto particolare e diverso dagli altri, che svolge svariate attività, sia pratiche che non.

Le principali mansioni svolte dal magazzino sono:

- progetti e piani di logistica: per gestire tutti i beni presente nel magazzino, occorre un apposito progetto tecnico e operativo che permetta di disporre e recuperare ogni articolo in maniera facile e veloce;
- ordini di acquisto e rapporti con i fornitori: ordini in arrivo, controllo delle scadenze, piani di riordino, creazione di cataloghi elettronici personalizzati;
- ricevimento, registrazione e controllo dei beni: il flusso dei beni in entrata e in uscita da un magazzino deve essere correttamente registrato e gestito in “real time”;
- picking, imballaggio e confezionamento: per picking si intende l'operazione di prelievo di colli e prodotti. Questi devono poi essere imballati e/o confezionati in modalità adeguata al tipo di spedizione;
- conservazione e stoccaggio: tutti i beni, i colli e i prodotti devono essere custoditi e conservati in un ambiente idoneo rispetto a quanto prescritto dalle normative di settore;
- inventari, statistiche, contabilità: l'inventario di magazzino deve essere sempre aggiornato e disponibile tramite report in tempo reale per poter avere pieno controllo su tutte le attività e poter gestire nel modo migliore la contabilità di magazzino, intesa come l'insieme delle attività volte a rendere la gestione qualitativa e quantitativa dei beni;

- consegna e distribuzione: i beni o le merci stoccate nel magazzino devono poter essere consegnate ai destinatari nel più breve tempo possibile.

Il magazzino di ArsTech viene gestito da tre diverse figure: il responsabile del reparto, che si occupa della logistica, della preparazione delle bolle e dei vari documenti di trasporto (DDT), un operatore che provvede all’imballaggio dei pezzi e alla loro collocazione all’interno di scatole, casse ecc., ed un terzo operatore che invece si occupa del rifornimento dei reparti, della movimentazione della merce che arriva dall’esterno e del carico e scarico dei pallet sui camion mandati dai vari corrieri.

Il capo reparto dispone di un ufficio, situato proprio in magazzino, da dove prepara i documenti di spedizione, controlla l’inventario, gestisce le richieste di acquisto di merce esterna e prepara l’arrivo o la partenza dei camion per il carico e scarico dei prodotti.

Anche qui l’azienda ha messo a disposizione dei monitor che, analogamente a quanto accadeva negli altri reparti, mostrano l’elenco dei pezzi che devono essere spediti ogni giorno, raggruppati per commessa. Ad esempio, in data 10 giugno deve partire il kit “Topolino” (ArsTech utilizza dei nomi “in codice” per identificare i suoi clienti per ragioni di sicurezza), che comprende un certo numero di porte, un certo numero di paraurti, un telaio, un sedile ecc.



(fig. 6.1 pezzi in attesa di essere spediti)

Ogni volta che il kit viene caricato sul camion, l'operatore attraverso un semplice scanner di codice a barre segnala che la commessa è "chiusa", e si passa alla successiva. Ovviamente alla base di queste operazioni ci sono molte altre attività, svolte sia dall'ufficio commerciale per l'organizzazione logistica della spedizione, sia dal manager stesso del magazzino per la preparazione di tutte le carte necessarie.

Il caporeparto si occupa anche dell'inventario. Ci si sta riferimento a beni secondari ma di comune utilizzo all'interno dell'azienda, sia dagli uffici che dalla produzione: monitor, pc, carta, materiale di cancelleria, minuteria (viti, dadi, rondelle, ecc.), cutter, mascherine, dispositivi di protezione personale, scarpe antinfortunistiche, abbigliamento con logo ArsTech, resine, distaccanti e molto altro ancora. Periodicamente quindi, il responsabile effettua un controllo dapprima visivo e poi tramite pc della merce presente, e quando questa si avvicina ad un livello critico, si procede con un nuovo ordine, seguendo l'iter proposto dalla teoria della scorta di sicurezza.

L'imballaggio dei prodotti invece è un'attività abbastanza standard. L'operatore, dopo aver stabilito insieme al capo reparto quanti e quali pezzi posizionare in una cassa (di questo argomento si parlerà più approfonditamente nel capitolo 7), provvede ad avvolgere ogni pezzo con del pluriball. Il pluriball, chiamato anche "bubble wrap" o "airball" e più comunemente noto come "millebolle" è un tipo di imballo ammortizzante ampiamente diffuso per proteggere dagli urti oggetti particolarmente fragili. In alternativa si possono utilizzare le cosiddette "patatine" di polistirolo.

Il rifornimento dei vari reparti viene svolto, come detto, dal terzo operatore, che a seconda delle richieste movimentata la merce dal magazzino centrale verso i magazzini locali posti in prossimità dei vari reparti, ma non tutte le merci vengono gestite allo stesso modo.

Ad esempio, quando l'azienda riceve le materie prime, ossia i rotoli di prepreg, questi vanno subito portati al reparto di taglio e conservati all'interno della cella frigorifera per mantenerne le particolari caratteristiche fisicochimiche; quando si ricevono i fogli di honeycomb invece, la maggior parte vengono stoccati nel magazzino centrale, mentre al reparto interessato viene consegnata soltanto una parte della merce, quella sufficiente per un determinato periodo di tempo (spesso un paio di settimane, ma in alcuni casi si può rifornire anche per un

intero mese). Quando la merce al magazzino locale sta terminando, il magazzino centrale deve preoccuparsi di servirlo.

Un'ultima attività, ma non meno importante, svolta da tutte e tre le risorse umane che lavorano in magazzino, è quella di mantenere l'ordine e la pulizia all'interno del locale. Avere un magazzino ben ordinato aiuta sensibilmente a verificare che non manchi niente, diminuisce il tempo che si impiega per la ricerca della merce e conferisce all'azienda la sensazione che tutto sia gestito nella maniera più corretta ed efficiente possibile.

Allo stesso tempo, la pulizia è un fattore molto importante nella valutazione generale di un'impresa, nonché uno dei principali cardini su cui fonda la teoria delle 5S; è proprio per questo motivo che ArsTech ha già da tempo affidato questo compito ad una ditta specializzata che si occupa quotidianamente della pulizia e della sanificazione degli ambienti di lavoro.

6.2 INDIVIDUAZIONE E ANALISI DELLE CRITICITÀ

Anche in questo reparto è stata applicata la medesima procedura messa in atto nei due reparti precedentemente analizzati; alcuni membri del Lean Team hanno trascorso molte ore in magazzino, a stretto contatto con gli operatori e supervisionandone il loro operato, al fine di individuare quelle che sono le inefficienze, le criticità e i problemi più significativi che man mano si verificavano.

Da questa analisi sono emersi temi molto interessanti.

In primo luogo è bene chiarire un concetto base: la Lean Production non prevede magazzino. Le aziende che si basano su una metodologia di produzione di tipo "pull", come ArsTech, avviano la produzione solo dopo aver ricevuto l'ordine da parte del cliente; questo fa sì che non si accumulano scorte e non si genera quindi magazzino. I sistemi "push" invece si basano su previsioni della domanda, tali per cui la produzione viene fatta partire in anticipo, in modo da rispettare il tempo di consegna voluto dal mercato; se queste previsioni si rivelano scorrette si originano delle scorte, che producono l'effetto di allungare il tempo di produzione, anziché ridurre il tempo di consegna.

Nella pratica è molto difficile trovarsi di fronte a sistemi "puri" di tipo push o pull, ma è ben più frequente la presenza di sistemi misti push/pull. Nel caso in esame infatti, nonostante

ArsTech lavori esclusivamente su commessa (quindi con sistema pull), è comunque necessario fare delle previsioni di domanda in modo da allocare le risorse, gli impianti o i macchinari ad un certo tipo produzione. Questo fatto però non si traduce, almeno teoricamente, nella necessità di tenere un magazzino di prodotti finiti.

Osservando il magazzino di ArsTech però, si nota come al piano terra siano normalmente stoccati tutti i prodotti in attesa di essere imballati e spediti, mentre al piano superiore, oltre alle riserve di prodotti di supporto alla produzione come utensili vari, distaccanti, fogli di honeycomb, riempitivi, solventi chimici, ci sia una vastissima gamma di prodotti finiti che giace in questa zona ormai da anni.



(fig. 6.2 piano superiore del magazzino, area da riqualificare)



(fig. 6.3 piano superiore del magazzino, area da riqualificare)

Ordini modificati all'ultimo, prototipazioni non andate a buon fine, accumulo di scorte nei periodi più scarichi di lavoro hanno generato un magazzino di dimensioni molto grandi, che rappresenta uno spreco sia in termini logistici come spazio che potrebbe essere dedicato ad altre attività sia, e soprattutto, in termini economici. È ben noto infatti come un magazzino così grande e "immobile" costituisca un valore economico che rischia di andare perso.

Per di più, la maggior parte dei prodotti fermi in questa zona non sono identificabili, non essendo dotati di etichette o classificazioni che avrebbero potuto permettere di riconoscerli ed eventualmente riutilizzarli sul mercato.

Trattandosi di pezzi non facilmente identificabili non possono nemmeno essere utilizzati come scorta di sicurezza, una sorta di ultima spiaggia nel caso in cui la produzione venga a trovarsi in difficoltà.

La prima grande criticità è quindi questo accumulo di inventario, che necessita di una riorganizzazione e di uno smaltimento.

Un secondo problema emerso riguarda l'affidabilità di alcuni fornitori. Con questo si intende la capacità di un supplier di essere sempre puntuale e preciso nelle consegne, capacità che è stata notevolmente compromessa anche dalla pandemia in corso, soprattutto per i fornitori stranieri. Questo è un aspetto di fondamentale importanza, perché essere riforniti nei tempi desiderati permette di non rallentare la produzione e addirittura di sollecitarla maggiormente, consapevoli dell'affidabilità del supplier.

Dei ritardi particolarmente rilevanti nelle forniture hanno dunque suggerito di attivarsi per la risoluzione del problema.

Un altro aspetto che balza immediatamente all'occhio è la difficoltà delle tre risorse ad espletare tutti i compiti che vengono loro affidati quotidianamente. Un'azienda in cui lavorano poco meno di 300 persone difficilmente può permettersi di allocarne solamente 3 per la gestione dell'intero magazzino.

Nonostante i compiti siano perfettamente divisi, gli operatori in molti casi sono costretti ad aiutarsi a vicenda data la grande mole di lavoro che incombe su un magazzino di queste dimensioni, trovandosi spesso a scegliere se svolgere prima una mansione piuttosto che un'altra, dando delle priorità che spesso non si rivelano azzeccate.

Questa difficoltà viene enormemente amplificata quando uno dei tre operatori viene a mancare, a causa di ferie, permessi straordinari, malattie ecc. Due persone chiaramente non sono sufficienti.

Ultimo aspetto che è stato osservato, e che richiama ciò che si è visto al taglio, è il continuo andirivieni di personale di altri reparti, che si reca in magazzino per rifornirsi autonomamente. Gli operatori dovrebbero rimanere sempre nella loro postazione, sia per motivi di sicurezza che per ragioni di efficienza; allontanarsi dalla propria posizione per prelevare prodotti dal magazzino è un'assenza che non viene giustificata, e che potrebbe mettere in difficoltà i colleghi del reparto coinvolto.

6.3 INDIVIDUAZIONE DELLE POSSIBILI AZIONI CORRETTIVE

Le riunioni svolte successivamente e incentrate sul tema dell'ottimizzazione dell'attività di magazzino hanno portato alla proposta delle possibili azioni correttive da intraprendere in futuro.

Il primo e più stringente problema da risolvere riguardava la generale riorganizzazione del piano superiore del magazzino centrale, che comprendesse il riconoscimento dei prodotti non catalogati e lo smaltimento di quelli che non hanno più la possibilità di essere reimmessi nel mercato.

L'obiettivo è stato quello di rendere il magazzino molto più "leggero", recuperando in questo modo una grande quantità di spazio che poteva essere utilizzata in altre maniere.

Si è quindi deciso di mettere in pratica una strategia applicativa che terrà occupati gli addetti a tale attività per non poco tempo, e i cui effetti saranno quindi visibili soltanto nei prossimi mesi.

Come primo passo si è deciso di procedere con il riconoscimento di tutti i prodotti di cui non si hanno informazioni tracciate tramite etichette o per mezzo del sistema gestionale. Per fare ciò si è ricorso alla memoria storica dell'azienda, ovvero quelle persone che fanno parte di ArsTech da diversi anni, e con un'esperienza tale da saper riconoscere quasi a prima vista di quali componenti si tratti. Questo gruppo di esperti è riuscito quindi a fare una attività di catalogazione di una parte dei componenti e dei modelli presenti in questa area.

Di questi pezzi re-identificati, quelli che sono ancora prodotti per qualche cliente sono stati trasportati in un magazzino secondario, distante una manciata di chilometri dalla sede principale, che è stato scelto come destinazione di questa categoria di articoli. Ovviamente, tutti i pezzi in esame sono stati catalogati, immessi nel software gestionale, e da questo momento in avanti sono tracciabili come tutti gli altri pezzi, determinati come "already available". Non appena un ordine di qualche cliente comprenderà uno di tali prodotti, non verranno fabbricati ma saranno prelevati da questo secondo stock, in modo da smaltirli quanto prima ed eliminare questo magazzino, che non è previsto dalla Lean Production.

La restante parte dei pezzi re-identificati, ovvero quelli che non vengono più prodotti sul mercato o relativi a progetti poi falliti o non portati avanti da qualche cliente, verranno

inevitabilmente smaltiti. Chiaramente ciò comporta una perdita economica non indifferente, in quanto si tratta comunque di pezzi che hanno impiegato per la loro realizzazione risorse umane, tempo, energia, macchinari, oltre al processo di ingegnerizzazione a monte della produzione stessa.

Lo spostamento dei pezzi ancora buoni per il mercato nel magazzino esterno e l'eliminazione di quelli di impossibile riutilizzo ha permesso di passare da circa 110 articoli stoccati a 65, pari al 40% circa del totale. Il risparmio di spazio (anche se si ricordi il valore economico sperperato per lo smaltimento di alcuni pezzi) è già significativo.

I 65 articoli rimanenti sono poi stati divisi in due ulteriori categorie: pezzi finiti e modelli. Così facendo, data già la bontà del lavoro svolto fino a questo punto, si è deciso di comune accordo con il Lean Team, di mantenere i prodotti finiti in magazzino e di riciclare i modelli. ArsTech infatti crede fortemente nel principio dell'industria a economia circolare, e possiede un sofisticato meccanismo di recupero dei modelli giunti a fine vita (i modelli infatti possono essere utilizzati per il ciclo di cura in autoclave fino ad un predeterminato numero di volte). I modelli presenti, circa 20, sono stati portati all'esterno dello stabilimento, e successivamente riciclati.

A conclusione di questo lavoro si può osservare che si è passati da 110 articoli a 45, smaltendo quindi, seppur in diversi modi, poco meno del 60% del totale, con un recupero complessivo del 70% dello spazio precedentemente occupato.

Il fatto che esista ancora il magazzino testimonia ciò che è stato accennato nel paragrafo precedente: è raro trovare aziende che adottino sistemi puramente push o pull, la situazione più frequente è una situazione intermedia. ArsTech utilizza un sistema pull, che non prevederebbe magazzino, così come non lo prevederebbe l'applicazione della Lean Production, oggetto di questa tesi, ma ha comunque stabilito di tenere una riserva di sicurezza per cautelarsi da situazioni imprevedibili.

Per risolvere il problema del ritardo nelle forniture da parte di alcuni supplier, si è deciso anche qui di realizzare una riserva strategica di sicurezza. Di ogni prodotto considerato prioritario, come film distaccanti, solventi e schiume, verranno emessi degli ordini da fornitori diversi, in modo che se uno di questi ritarda, arriverà prima la merce dell'altro fornitore. L'accumulo di prodotti in questo caso non costituisce un problema, trattandosi di materiali

ad elevatissimo indice di rotazione e che vengono utilizzati in grandi quantità e con puntuale regolarità.

Altro aspetto critico riguardava la difficoltà dei tre operatori di gestire l'intero magazzino. Come si è detto all'interno del primo capitolo, l'azienda sta continuando ad investire in modo pesante sull'assunzione di nuovo personale, ma allo stesso tempo il management sostiene che non ci sia bisogno di ulteriori risorse in magazzino.

Il compromesso è stato trovato scaricando di alcuni compiti di burocrazia il caporeparto, cosicché possa aiutare più significativamente gli altri due operatori nelle mansioni più pratiche. In particolare, la preparazione delle bolle e l'organizzazione per l'arrivo dei corrieri per le spedizioni è stata affidata ad una nuova risorsa, che collaborerà con l'ufficio commerciale.

Inoltre, è stato realizzato un programma sul computer del manager del magazzino per la gestione dell'inventario. Questo software invierà delle notifiche quotidiane al caporeparto che dovrà quindi effettuare ogni giorno il controllo delle scorte. Aggiornando di volta in volta le quantità presenti dei vari articoli interessati, il programma saprà essere in grado di riconoscere autonomamente quando il livello di un prodotto è sceso sotto la soglia di sicurezza e inviare una segnalazione all'ufficio acquisti, che provvederà ad eseguire il nuovo ordine.

Ultima situazione da risolvere era il viavai di operatori esterni al magazzino. Sono state dunque fissate delle riunioni, ognuna rivolta a diversi gruppi di operatori, dove è stato chiarito con decisione che sarà sempre il magazzino a rifornire i reparti: quando manca qualcosa, si dovrà chiamare il magazzino e sarà poi il responsabile ad eseguire la richiesta.

CAPITOLO 7

ALTRE ATTIVITÀ

Il ruolo principale che ho svolto durante i mesi di permanenza in ArsTech è stato quello di collaborare con i manager operativi dell'azienda per l'analisi e l'implementazione di soluzioni Lean all'interno dei vari reparti.

Oltre a questa attività mi sono stati affidati altri compiti, portati avanti più individualmente, sempre nell'ottica di un generale miglioramento, ove possibile, dei reparti e dei processi che caratterizzano la filiera produttiva: questi incarichi si sono concentrati principalmente sull'attività di magazzino, sull'approvvigionamento di attrezzi o utensili da lavoro, e sulla generale riqualificazione estetica dell'azienda anche in ottica 5S.

ArsTech infatti si rifà continuamente al principio Kaizen del miglioramento continuo, ed è alla perenne ricerca di progressi che la portino ad uno standard di eccellenza sempre maggiore, attraendo un numero sempre crescente di clienti.

7.1 OTTIMIZZAZIONE DELLE SPEDIZIONI

Una delle attività più importanti che mi sono state assegnate riguarda l'ottimizzazione delle dimensioni delle casse per le spedizioni, nell'ottica di un abbattimento dei costi.

ArsTech, fin dai primi anni dalla sua fondazione, ha iniziato a collaborare con dei corrieri di fiducia (DHL su tutti) per la spedizione dei vari ordini. Questi corrieri mandano dei camion specializzati sui quali vengono caricate le varie scatole, casse o pallet. Da qui il trasporto passa poi, nella maggior parte dei casi, per via aerea. Dall'aeroporto di arrivo poi un altro camion consegnerà la merce direttamente al cliente. Per la spedizione, l'imballaggio, e la scelta delle casse, bisogna seguire delle regole ben precise.

In azienda la procedura che si segue è la seguente. L'ufficio commerciale, come prima cosa, stabilisce, insieme al cliente, la data di consegna della merce, e quali componenti devono

essere spediti (se un intero kit oppure solamente una sua parte). A questo punto, conoscendo già l'ingombro e il peso dei vari pezzi (il volume e il peso si conoscono già dal momento che sono pezzi realizzati ormai da molto tempo oppure si possono ricavare dalle specifiche tecniche richieste dal cliente), su suggerimento dei magazzinieri si ordinano da una ditta esterna una o più casse delle dimensioni più adatte a contenere quei componenti. Al contempo, si prenota il corriere per il prelievo della merce.

Alcuni pezzi, più fragili, vengono solitamente spediti da soli, altri, più robusti, possono essere sovrapposti e spediti insieme. A volte invece è proprio il cliente a richiedere che determinati pezzi viaggino in particolari condizioni (ad esempio che la cassa sia di un determinato materiale, oppure che il pezzo sia imballato in una certa posizione per evitare danneggiamenti durante il trasporto). Trattandosi di materiali molto fragili si capisce bene come quella dell'imballaggio e spedizione sia una fase estremamente critica.

Per quanto riguarda il costo, questo dipende molto dal rapporto peso/volume (il cosiddetto peso volumetrico) dei vari colli. Senza entrare nel dettaglio delle tariffe di DHL, possiamo dire semplicemente che spedire una cassa grande ma che contiene un peso molto esiguo costa più che spedire una cassa piccola che pesa molto. Per ridurre i costi quindi bisogna massimizzare il peso contenuto in un certo volume.

Questa ottimizzazione non viene solitamente fatta, e ci si basa quasi esclusivamente sull'esperienza dei magazzinieri. Per una determinata commessa però, di cui sono previste 100 future spedizioni (corrispondenti a 100 kit di componenti in carbonio, uno per ogni spedizione) mi è stato chiesto di trovare la dimensione delle casse "ottima" in modo da ridurre i costi di spedizione. L'input da cui si è partiti è stato quello di pensare al minor numero di casse possibili, idealmente una. E quindi, trovare la cassa più piccola che fosse in grado di contenere tutti i pezzi di quel kit.

Non potendo infatti agire sul peso (per superare il controllo qualità bisogna rispettare tutte le specifiche di peso fornite dai clienti), si è agito sull'altro termine del rapporto, ovvero il volume della cassa.

Attraverso la funzione "volume" del software CATIA sono stati misurati gli ingombri volumetrici di ciascun pezzo e riportati in un foglio di lavoro Excel. Così facendo, è come se avessimo approssimato ogni pezzo (dalle forme più irregolari) con dei parallelepipedi, molto

più facilmente gestibili. Ogni misura viene approssimata per eccesso e caricata di qualche centimetro (circa 5), visto che in fase di imballaggio tutti i pezzi verranno ricoperti con degli strati di pluriball.

Si evidenziano quindi la lunghezza e la larghezza maggiore che sono state rilevate, poiché quelle misure (ampliate di circa 10 cm) verranno utilizzate per definire le dimensioni di base della cassa.

A questo punto si è passati al cartaceo, rappresentando per quanto possibile la cassa in 3D e collocando al suo interno i vari parallelepipedi, posizionando più in basso quelli più grandi e più in alto quelli via via sempre più piccoli e leggeri. Dopo aver posizionato tutti i figurini, l'altezza della cassa verrà fuori in automatico.

Questa procedura però presenta alcuni evidenti problemi. In primo luogo la rappresentazione di solidi in tre dimensioni sul piano, per di più realizzati a mano e quindi ovviamente non precisi e non esattamente proporzionali; in secondo luogo, l'approssimazione dei pezzi a dei parallelepipedi non rispecchia la situazione reale. I parallelepipedi infatti possono essere solo affiancati o sovrapposti, ma nella realtà quando si sovrappongono due pezzi quello superiore cade per gravità nelle parti "cave" (rispetto all'approssimazione) di quello inferiore, occupando meno spazio.

Questo metodo quindi, nonostante ci permetta di assicurare che quei pezzi entrino sicuramente tutti nella cassa, non porta alla soluzione ottima.

È stata quindi acquistata una licenza per un software, Rhinoceros 6, già utilizzato da altri membri dell'ufficio tecnico per svolgere altre mansioni, attraverso cui è possibile realizzare dei solidi (nel caso in esame corrisponderanno alle casse) in un ambiente virtuale e importare i file in formato STP dei componenti in carbonio. Un file STP è un file di assiemi 3D supportato da vari programmi di progettazione meccanica come TurboCAD e Fusion 360. Contiene dati di oggetti tridimensionali salvati nel formato standard per lo scambio di dati di prodotto (STEP). Questi file vengono principalmente utilizzati per il trasferimento di grafica 3D tra diversi sistemi CAD e CAM; molti produttori utilizzano infatti il file STP per progettare e valutare gli stampi o le parti prodotte.

Il grande vantaggio è che è possibile ora risolvere i due problemi che si erano evidenziati in precedenza. Trattandosi di un software non c'è più il problema del disegno fatto a mano su

carta; allo stesso tempo, possiamo importare i pezzi esattamente con la loro geometria, e muoverli a piacimento in modo da occupare meno spazio possibile.

Si tratta comunque di una operazione abbastanza onerosa in termini di tempo, dato che bisogna cercare tra tutte le possibili disposizioni dei pezzi quella che determina il volume minore. È per questo motivo che verrà applicata in futuro solamente per spedizioni distanti nel tempo e che comprendono una grande quantità di componenti, e una tantum negli altri casi.

Nella situazione in esame sono state definite in conclusione tre casse: una dedicata appositamente per un componente “fragile” che si è soliti spedire separatamente, una per i componenti di grandi dimensioni ed una per quelli più piccoli.

La cassa “grande” quindi sarà di dimensioni 210x190x150 e dovrà contenere il Track Side Splitter, il Track Wing Upper, il Track Wing Main, il Rear Diffuser, il Sill Exterior Panel, Door, Track Front Splitter, T-Wing, Decklid Core e Seat Front; il peso stimato è di 88 kg, a cui va aggiunto il peso della cassa.

La cassa “piccola” sarà di dimensioni 150x120x100 e dovrà contenere Sill Plate, Track Wing Mount, Engine Bay Closeout Panel, Sill Striker Cover Panel, Decklid Duct Center Piece, Side Intake Duct, Track Front Splitter Endplate, Front Center Duct, Fender Liner Diffuser Front, Dive Plane Bonded Asm, End Plate Cover Panel, Side Intake Mesh, Fender Liner Trim Piece Front, Air Cleaner, Gurney, Mirror Arm Housing, Fender Doorside Grill, Track Front Splitter Cover Plate, Track Wing Mount Collar, Rear Center Duct, Side Intake Duct Hump e Cowl Support Panel; peserà 22 kg più la tara.

La terza cassa sarà di dimensioni 190x80x90 e conterrà il Rear Fascia Outer, per un peso complessivo di 140 kg.

7.2 PROGETTAZIONE CASSE STANDARD

Una seconda mansione che è stata svolta, anche questa legata all’ottimizzazione dell’attività di magazzino, è stata la progettazione di alcune casse che sono state definite “standard”.

Questo lavoro, semplice ma estremamente utile, nasce dall'esigenza di tenere a magazzino delle casse in legno di dimensioni standard, che possano contenere componenti di diverse dimensioni.

Questa esigenza deriva dal fatto che la caratteristica che distingue ArsTech da molti altri competitors nazionali è la straordinaria velocità di realizzazione dei pezzi: un kit che altre aziende costruiscono in più di un mese, ArsTech è in grado di realizzarlo in due settimane.

Questo vantaggio competitivo deve però ovviamente essere accompagnato da un magazzino molto efficiente e che stia al passo con la produzione. Ciò implica che se un pezzo viene realizzato in pochi giorni, il magazzino deve subito disporre di scatole o casse di imballaggio per la sua spedizione.

Fino a poco fa questo non avveniva. Seguendo il normale iter, descritto nel paragrafo precedente, dopo aver concordato la data di consegna con il cliente e dopo aver individuato la cassa più adatta (queste due operazioni nella maggior parte dei casi sono distanti nel tempo) si procede con l'ordine della cassa stessa.

Se però il ritmo imposto alla produzione permette di realizzare quel pezzo o quel kit in anticipo rispetto alla presunta data di consegna, potrebbe accadere che non si abbia in magazzino la cassa pronta per la spedizione. Il tempo guadagnato con la produzione quindi viene perso nell'attesa che arrivi la cassa. Se invece si parla di un pezzo prototipale, per cui la data di consegna è quasi perennemente "prima possibile", avere già una cassa pronta elimina possibili ritardi di magazzino.

Anticipare la consegna è un fattore importante che conferisce all'azienda un alto livello di apprezzamento da parte del cliente, per cui quando si riesce si cerca di chiudere le commesse anche prima del tempo.

Fatte queste necessarie premesse, si capisce come, in particolar modo per i componenti che si realizzano in pochi giorni e per i pezzi prototipali, è molto importante avere sempre una cassa in magazzino che sia idonea per spedirli. Questo lavoro quindi è stato portato avanti per tali casi, che riguardano soprattutto cofani e paraurti.

Attraverso CATIA quindi sono stati misurati gli ingombri volumetrici di questi due pezzi per ogni tipologia di cliente. Dopo averli misurati, per entrambi i pezzi sono stati individuati quelli

di dimensioni maggiori. Sulla base delle misure ottenute, maggiorate di un 10% per tenere conto dell'imballaggio con pluriball, sono state definite due casse, una denominata "Large" (di dimensioni 210x190x100 cm) ed una "Medium" (di dimensioni 210x110x90 cm). È stata pensata anche una cassa "Small" (70x40x60 cm) che fosse in grado di contenere i pezzi di dimensioni più ridotte, che verrà usata molto raramente dato che difficilmente viene spedita una cassa appositamente per un componente piccolo, salvo specifica richiesta del cliente.

Queste tre casse sono state immediatamente ordinate e stoccate in magazzino, pronte all'uso. Si è poi stabilito che non appena una di queste casse viene utilizzata, si procede subito ad un nuovo ordine della stessa: una sorta di punto di riordino. Un punto di riordino stabilisce la quantità più bassa di scorte che un'impresa dovrebbe avere nel magazzino in un dato momento. Una volta che i livelli raggiungono il punto di riordino, è il momento di rifornire l'inventario.

Questa attività permetterà dunque di risolvere un problema che si verificava con una certa regolarità, ovvero che siano pronti prima i pezzi che le casse.

7.3 LAVORO DA UFFICIO ACQUISTI

Il lavoro di implementazione dei principi Lean è stato svolto dall'intero Lean Team, di cui, come è stato già detto, ha fatto parte anche il responsabile degli acquisti. Questo si spiega col fatto che le varie azioni correttive che sono state proposte necessitavano, per la loro messa in pratica, dell'acquisto di attrezzature, supporti e strumenti adatte allo specifico caso.

Dato che questa figura in ArsTech non svolge solamente questo incarico, ma si occupa anche di altre importanti mansioni, non sempre riusciva a tenere il passo di tutti gli aggiornamenti; ho quindi collaborato strettamente con questa risorsa, occupandomi della gestione degli acquisti che rientravano nel progetto Lean Production.

Come si vedrà più nel dettaglio in seguito, questo lavoro non consiste solamente nel procedere con gli ordini online della merce, come si può erroneamente immaginare, ma prevede anche un confronto tra le varie alternative, un contatto diretto e costante con i fornitori scelti, la richiesta di preventivi per gli ordini "su commessa", il tracciamento delle spedizioni ed il controllo in accettazione (svolto insieme ai magazzinieri).

L'acquisto più importante, sia in termini economici che come tempistiche, è stato quello dell'arrotolatrice. Dopo aver consultato su diversi siti le macchine presenti in commercio, si è fatta una selezione delle tre che sembravano più adatte alla situazione: una macchina relativamente semplice (non quelle molto più complesse che si vedono principalmente nel settore della pelletteria), dotata di rotelle per la movimentazione, e fornita di taglierina e contimetri.

Selezionati i fornitori di riferimento, si è passati al contatto diretto. Attraverso mail e telefonate i fornitori hanno spiegato nel dettaglio il funzionamento del prodotto, mentre il sottoscritto richiedeva delle particolari specifiche, assicurandosi che il macchinario si prestasse al meglio al trattamento del carbonio. Queste macchine, infatti, sono solitamente utilizzate nel tessile, e nonostante la materia prima di carbonio possa essere considerata a tutti gli effetti un tessuto, presenta alcune importanti differenze, come il peso e lo spessore.

Laddove il fornitore non abbia totalmente assicurato il funzionamento dell'avvolgitrice con rotoli di carbonio, dei colleghi si sono recati direttamente dai suppliers per effettuare dei test con il materiale.

Attraverso queste fasi si è fatta un'ulteriore scrematura dei possibili fornitori, e si è passati alla richiesta di preventivi. Non trattandosi di prezzi trascurabili (si va dagli 8 ai 15.000 euro), sono state poi avviate delle trattative individuali con le varie imprese, cercando di limare il prezzo in cambio di una futura partnership in previsione dell'acquisto di altri macchinari: dopodiché è stato effettuato l'ordine.

L'acquisto dell'arrotolatrice, come detto, è stato quello che ha impiegato più tempo per la sua definizione, visto anche il costo dell'operazione, ma non è stato ovviamente l'unico.

Nei capitoli 4 e 5 si è detto come sia stata individuata la necessità di acquistare dei particolari carrelli per la movimentazione delle dime tra il taglio e la laminazione e degli inserti/riempitivi dal loro reparto verso la laminazione. Le particolari caratteristiche richieste dal caso specifico e la fondamentale importanza che questi attrezzi rivestirebbero nell'ottica di un miglioramento del processo produttivo hanno fatto sì che l'acquisto di tali carrelli si sia trasformata in un'attività estremamente prioritaria, al quale è stato dedicato moltissimo tempo, oltre che ad essere stata argomento principale di svariate riunioni.

Partiamo con i carrelli da taglio a laminazione, ricordando che questi devono essere costituiti da una particolare base che ne permette l'impilamento, e da 8 ripiani richiudibili su sé stessi all'occorrenza. In commercio non è stato trovato niente di simile, per cui è stato chiesto ad un progettista di disegnarli.

Il progetto è stato poi inviato a diversi fornitori, sia locali che non, in modo da avere riscontro sulla effettiva possibilità di realizzarli su commessa.

Ottenute le risposte dei fornitori, sono stati chiesti i preventivi, gestiti poi attraverso un file Excel. Ricevuti tutti i preventivi, è iniziata la selezione: sono stati scartati quelli più cari e quelli estremamente più economici, non fidandoci della qualità del prodotto. Tra i fornitori rimasti sono stati poi scelti quelli più vicini geograficamente ad ArsTech: ciò permette di avere tempi di consegna minori, minori costi di spedizione, e maggiore semplicità di organizzazione di spedizione di prodotti "test", per verificarne l'effettivo funzionamento.

Per quanto riguarda i carrelli dagli inserti alla laminazione, si può dire che questi siano stati reperiti molto più facilmente: in un portale online dedicato ad attrezzature Lean sono stati trovati dei carrelli a 4 ripiani, simili a quelli che vediamo nelle mense o nei ristoranti, trasportabili attraverso le rotelle. Per realizzare la suddivisione dei ripiani tra i vari team sono stati poi acquistati dei cassettoni a bocca di lupo, dotati di finestrelle trasparenti che permettono in primo luogo di vedere cosa c'è dentro (e quindi di verificare che siano pieni o vuoti) e, in secondo luogo, di inserire tramite etichetta il nome del team leader.

Sono stati poi acquistati attrezzi meno costosi ed impegnativi ma comunque di importante utilità come un termoscaner laser per la modellaria, che consentirà di misurare la temperatura dei modelli appena usciti dal forno anche a distanza e senza il contatto diretto, e un igrometro digitale per la rilevazione di temperatura e grado di umidità all'interno del magazzino dei riempitivi, con la possibilità di far scattare un allarme se la temperatura si abbassa al di sotto di una certa soglia.

7.4 PROGETTAZIONE SEGNALETICA ORIZZONTALE

ArsTech aveva già da tempo individuato la necessità di completare la segnaletica orizzontale presente in azienda. In particolare, c'era bisogno di delimitare le aree pericolose e quelle relative alle stazioni di lavoro.

Inoltre, in alcuni punti in cui la viabilità è più critica, vista la presenza sia di persone che di muletti, bisognava progettare una doppia corsia di circolazione, oltre che a dei veri e propri attraversamenti pedonali.

Vista la mole di lavoro che sta avendo ArsTech negli ultimi mesi, mi è stato assegnato questo incarico, relativamente semplice ma di notevole importanza, soprattutto per la sicurezza di tutti i dipendenti, e per questo motivo legato al concetto di produzione Lean e di 5S.

È stata dunque fatta la seguente proposta, che verrà analizzata ed eventualmente messa in atto durante il periodo estivo, quando, per via delle ferie, ci sarà un numero minore di persone e si potrà quindi realizzare i lavori di tinteggiatura del pavimento senza intralciare il lavoro degli operatori.



(fig. 7.1 esempio di segnaletica orizzontale)



(fig. 7.2 esempio di segnaletica orizzontale)



(fig. 7.3 segnaletica a terra nell'area Antares)

7.5 REALIZZAZIONE CARTELLI ED ETICHETTE

Uno dei principi cardine delle 5S è la catalogazione e la classificazione di tutte le attrezzature e di tutti gli strumenti di lavoro in maniera tale che siano facili da identificare, utilizzare e riporre.

Dal punto di vista operativo questo concetto si traduce nella necessità di realizzare cartelli ed etichette.

ArsTech disponeva già di un elevato livello di classificazione di utensili, postazioni ecc. ma c'era comunque bisogno di alcuni aggiornamenti.

Alcune postazioni erano infatti state modificate nel tempo, ma i cartelli non erano stati spostati, alcuni si sono rovinati nel tempo, tantissimi riportavano ancora il vecchio logo dell'azienda.

È stato dunque svolto un ingente lavoro di rifacimento della segnaletica "verticale", dai cartelli alle singole etichette.

Sono stati dapprima realizzati nuovi programmi Word per tutte le tipologie di segnali, da quelli standard in formato A4, a quelli di dimensioni più ridotte, passando per i formati speciali (ad esempio quelli da applicare sui secchi di vernice).

Attraverso BarTender è stato realizzato un nuovo format per le etichette, che riportasse il nome dell'oggetto, il relativo codice a barre e il nuovo logo.



(fig. 7.4 etichette minuteria per reparto inserti)

Fatte queste operazioni preliminari, osservando i vari reparti dell'area Tools sono stati individuati tutti i cartelli e le etichette da rifare, rigorosamente plastificati in modo da evitare danneggiamenti nel tempo, che sono poi stati sostituiti da quelli nuovi.

È stata poi colta l'occasione per aggiungere cartelli o etichette dove mancavano del tutto, come ad esempio nell'area di raccolta delle maschere per le lavorazioni a controllo numerico.



(fig. 7.5 etichette per area Antares)



(fig. 7.6 etichette minuteria per area inserti e riempitivi)



(fig. 7.7 cartelli ed etichette per area maschere CNC)

Questa attività ha dato un nuovo volto dal punto di vista estetico all'azienda, ormai catalogata in ogni minimo particolare, oltre ad aver notevolmente agevolato il lavoro dei vari operatori, che grazie alla nuova segnaletica impiegano molto meno tempo per il prelievo degli utensili necessari e sono protetti dal rischio di errori quando vanno a rimettere a posto gli attrezzi utilizzati.



(fig. 7.8 etichette lunghe per magazzino rohacell)



(fig. 7.9 cartelli reparto finitura)



(fig. 7.10 cartelli ed etichette area Tools)

7.6 AGGIORNAMENTO SISTEMA GESTIONALE

L'ultima attività che si andrà brevemente a descrivere, portata avanti in parallelo alle altre, è stata l'aggiornamento del software gestionale di cui ArsTech dispone.

Come è stato già accennato in precedenza, il passaggio al "digitale" non è stato effettuato da molto tempo e non tutti i pezzi erano stati quindi inseriti all'interno del sistema. Ovviamente quelli che vengono realizzati più frequentemente erano già tutti presenti, visto che devono essere visibili sui monitor dei vari reparti.

Il corretto inserimento dei dati di distinta permette il tracciamento del pezzo all'interno della catena produttiva, e consente agli operatori che lo lavorano di conoscerne tutte le informazioni utili. Ad esempio, nel reparto di taglio, cliccando su un qualsiasi pezzo sul monitor del planning, si aprono le istruzioni da mettere in macchina per il taglio di quel pezzo; al reparto inserti, sul monitor si apre un file pdf che mostra la natura, la conformazione, la dimensione e la quantità di inserti e di riempitivi di cui quel componente necessita; o ancora, in laminazione si può sfogliare digitalmente il plybook, il libretto delle istruzioni per i

laminatori, nel quale si spiega passo dopo passo come va effettuata la laminazione di quel pezzo.

Aggiornare il software significa inserire, ove mancanti, nome del pezzo, codice dell'articolo, tipologia di commessa (tipicamente il nome del cliente), tempo di realizzazione e figurino 2D del componente.

BIBLIOGRAFIA

Appunti di programmazione e controllo della produzione, F. Marinelli

Lean production per le aziende a commessa, D. Cogliati

SITI CONSULTATI

www.ars-tech.com

www.wikipedia.org

www.organizzazioneaziendale.net

www.corriereadriatico.it

www.make-consulting.it

www.scientificast.it

www.headvisor.it

www.leanthinking.it

www.mecalux.it

www.treccani.it

www.celag.it

www.invitalia.it

www.auer-packaging.com

www.manomano.it