



Università Politecnica delle Marche
Facoltà di Ingegneria

Corso di Laurea Triennale in Ingegneria Gestionale

TITOLO TESI

"ANALISI DEI PROCESSI PRODUTTIVI ALL'INTERNO DI UN
SUOLIFICIO E CALCOLO DEGLI INDICATORI PRESTAZIONALI: IL CASO
DA.MI. S.R.L."

THESIS TITLE

"ANALYSIS OF PRODUCTION PROCESSES WITHIN A SOLE FACTORY
AND CALCULATION OF PERFORMANCE INDICATORS: THE DA.MI.
S.R.L CASE"

Relatore di Laurea:

Prof. Alessio Vita

Laureando:

Antonio Mantini

Anno Accademico 2023/2024

"Il vero segreto del successo di un'azienda risiede nell'arte di ispirare le persone"

Antoine de Saint-Exupéry

INDICE

INTRODUZIONE.....	5
1. I PROCESI PRODUTTIVI IN UN SUOLIFICIO.....	7
1.1. INTRODUZIONE SUI CONCETTI CHIAVE.....	7
1.2. NORME E SICUREZZA SUL CAMPO LAVORATIVO.....	8
1.3. TIPOLOGIA DI PRODUZIONE.....	10
1.4. PRODUZIONE NEL REPARTO PRINCIPALE.....	12
1.5. PRODUZIONE NEL REPARTO EVA.....	18
1.6. CONTROLLO PROCESSI PRODUTTIVI.....	20
1.7. L'IMPORTANZA DEI TERZISTI PER I PROCESSI PRODUTTIVI...21	
2. ATTIVITÀ DI MAGAZZINO.....	24
2.1. ORDINI DI APPROVVIGIONAMENTO.....	24
2.2. ACCETTAZIONE MATERIALI, COMPONENTI, SEMILAVORATI E PRODOTTI FINITI.....	25
2.3. GESTIONE MAGAZZINO.....	29
3. CALCOLO INDICATORI PRESTAZIONALI DEI REPARTI PRODUTTIVI.....	30
3.1. L'IMPORTANZA DEGLI INDICATORI PRESTAZIONALI PER LA PIANIFICAZIONE DELLE ATTIVITÀ PRODUTTIVE.....	30
3.2. COMPrensione DEI TEMPI CICLO PER SINGOLO ARTICOLO AL FINE DI INDIVIDUARE LE CRITICITÀ NELLA PIANIFICAZIONE.....	31
3.3. COS'È L'OEE.....	36
3.4. CALCOLO OEE REPARTO EVA.....	39
3.5. RIFERIMENTI ALLA LEAN PRODUCTION, ACCORGIMENTI PER MIGLIORARE LA PRODUZIONE (I SETTE MUDA E CICLO KAIZEN).....	43

3.6. OSSERVAZIONI SULL'INDICATORE DI QUALITÀ E CONSEQUENTE APPLICAZIONE DEI CONCETTI DELLA LEAN PRODUCTION.....	49
4. UNA NUOVA CONCEZIONE DI PRODOTTO: PROTOTIPAZIONE E SVILUPPO DI SUOLE IN 3D.....	53
4.1. FASE DI PROGETTAZIONE.....	53
4.2. STAMPAGGIO ARTICOLI ATTRAVERSO LA SINTERIZZAZIONE: MACCHINA E PROCESSO.....	57
4.3. PROCESSI DI FINITURA PER ARTICOLI IN TPU.....	60
4.4. STAMPAGGIO A RESINA.....	64
CONCLUSIONI.....	66
BIBLIOGRAFIA.....	69

INTRODUZIONE



Il seguente lavoro di tesi è stato elaborato durante il periodo di stage universitario presso l'azienda DA.MI. S.r.l (conosciuta anche come DAMI), situata a Sant'Elpidio a Mare.

L'azienda dal 1968 realizza fondi per calzature in uno dei distretti calzaturieri più grandi d'Italia, le Marche. Trasformandosi da un laboratorio adibito a tranceria di cuoio, negli anni 70 ad una grande realtà che produce soles di vario genere, utilizzando una vasta gamma di materiali e operando a livello internazionale. Perseguita la scelta dell'innovazione su tutti gli obiettivi, di conseguenza questo impegno si riflette nel prodotto attraverso la ricerca, l'uso e la sperimentazione di materiali sostenibili ed eco-compatibili, nonché nell'ottimizzazione dei processi.

Nel primo capitolo vengono introdotte le varie normative a livello nazionale e internazionale sul lavoro e sui dispositivi utilizzati in fabbrica.

In seguito, viene condotta un'analisi approfondita dei vari processi che costituiscono il ciclo produttivo all'interno di uno stabilimento dedicato alla produzione di soles. Questa comprensione è stata ottenuta attraverso l'osservazione diretta delle operazioni sul campo e grazie alle spiegazioni fornite dal personale addetto.

Nel capitolo successivo, verrà analizzata l'importanza dei fornitori esterni nel processo produttivo e si illustrerà come il loro intervento sia complementare alle attività aziendali.

Nel terzo capitolo, verrà affrontato brevemente il tema del magazzino. Saranno

esaminare le procedure relative agli ordini di approvvigionamento, all'accettazione di tali ordini e alla gestione del magazzino.

Nel quarto capitolo, verranno analizzati gli indicatori prestazionali del reparto EVA, il quale è dedicato interamente alla produzione di soles in etilene vinil acetato. A causa della complessità del processo produttivo di queste soles, si riscontrano difficoltà nel raggiungere rendimenti ottimali, in quanto richiedono lavorazioni precise, impiegano un certo numero di risorse e non è sempre facile combinare la produzione di diversi articoli contemporaneamente. Questo però, incide anche sulla pianificazione della produzione, verificando altre inefficienze come la sovrapproduzione. Attraverso il lavoro eseguito, in questo capitolo si analizzeranno le varie casistiche e si implementeranno soluzioni per risolvere tali complicanze.

La prototipazione e lo sviluppo di oggetti realizzati mediante l'utilizzo di stampanti 3D, sarà l'ultimo capitolo di questa tesi. Grazie alla collaborazione con i designer dell'azienda specializzati in questo settore, ho avuto l'opportunità di comprendere il processo di progettazione dei modelli tridimensionali, la realizzazione attraverso le stampanti di tali modelli, e le lavorazioni aggiuntive svolte per migliorare i dettagli dell'articolo.

Un ringraziamento a Stefano Berdini, per il suo sostegno nel mio percorso aziendale e per avermi dato l'opportunità di analizzare le prestazioni del reparto EVA all'interno dell'azienda DAMI. Questa esperienza mi ha permesso di comprendere in modo pratico l'importanza degli indicatori di performance, apprendendo come essi possano essere utilizzati per migliorare il processo produttivo e la pianificazione attraverso interventi ragionati e mirati.

Ringrazio il mio relatore di tesi, il professore Alessio Vita, per avermi presentato varie realtà aziendali, tra cui la DA.MI. S.r.l, la quale è stata la mia scelta, e per il supporto fornito durante lo sviluppo del mio lavoro di tesi.

1. I PROCESI PRODUTTIVI IN UN SUOLIFICIO

1.1. INTRODUZIONE SUI CONCETTI CHIAVE

Un po' di etica...

La parola "prestazione" deriva dal latino "praestatio", che a sua volta ha origine da "praestare", che indicava il concetto di "eseguire" o "adempiere". Quindi, "prestazione" si riferisce all'azione di eseguire, compiere o adempiere qualcosa, spesso in relazione a un obbligo o un compito specifico. Ai giorni d'oggi può essere espresso in diversi modi come:

- **Rendimento o efficienza:** La prestazione può riferirsi alla misura dell'efficacia o dell'efficienza di un processo, di una macchina, di un individuo o di un sistema nel raggiungere determinati obiettivi o risultati. Ad esempio, nel contesto lavorativo, la prestazione di un dipendente può essere valutata in base alla sua produttività e alla qualità del lavoro svolto.
- **Capacità o abilità:** Prestazione può indicare anche la capacità o l'abilità di una persona, di un gruppo o di un oggetto di eseguire determinate azioni o compiti. Ad esempio, nel campo dello sport, la prestazione di un atleta si riferisce alle sue capacità fisiche e tecniche dimostrate durante una gara.
- **Attività o spettacolo:** La prestazione può anche riferirsi a un'esibizione o a una dimostrazione di abilità, di talento o di creatività in un determinato contesto, come ad esempio una performance teatrale, musicale o sportiva.

La definizione che ci interessa nell'ambito industriale è la prima, ma in generale il concetto di prestazione implica il conseguimento di risultati misurabili o l'esecuzione di azioni specifiche in modo efficace ed efficiente.

Mentre la parola "produzione" deriva dal latino "producere", composto da "pro"

(avanti, verso) e "ducere" (condurre, guidare). In origine, il termine aveva il significato di "far avanzare", "portare avanti" o "far progredire". La realizzazione di un articolo non è un processo semplice come spesso si può pensare. Nel contesto aziendale, la produzione di un articolo all'interno di una fabbrica richiede una serie di passaggi che includono la progettazione, l'acquisizione delle materie prime, l'utilizzo di macchinari e attrezzature appropriate, la disponibilità di manodopera, la pianificazione della produzione, il controllo della logistica e la gestione della distribuzione...

Mentre la parola "pianificare" deriva dal latino "planificare", composto da "planum" che significa "piatto" o "piano", e il suffisso "-ficare", che indica l'azione di fare o creare qualcosa. Quindi, letteralmente, pianificare significa "fare un piano" o "creare un piano". Pianificare implica preparare in anticipo un piano d'azione dettagliato per raggiungere un obiettivo specifico, considerando fattori come risorse disponibili, tempi e strategie da adottare. È un processo di organizzazione e preparazione che permette di gestire le attività in modo efficiente per ottenere i risultati desiderati.

1.2. NORME E SICUREZZA SUL CAMPO LAVORATIVO

Ci sono varie normative da rispettare all'interno di una fabbrica che vengono stabilite da enti di normazione in modo da garantire una produzione affidabile e sicura, quali:

- ISO (International Standard Organization), volta a stabilire standard di sicurezza, qualità e uniformità applicabili a livello globale.

- CEN (Comité Européen de Normalisation), ha lo scopo di armonizzare e produrre norme tecniche a livello europeo. Collabora con altri enti normativi nazionali o internazionali quali ad esempio ISO.

- UNI (Ente Nazionale di Unificazione), associazione privata senza scopo di lucro che svolge attività di normazione tecnica a livello nazionale.

Riguardo invece l'elettronica all'interno di una azienda si può far riferimento alla:

- IEC (International Electrotechnical Commission) a livello internazionale.

- CENELEC (Comité européen de normalisation en électronique et en électrotechnique) opera a livello europeo.

- CEI (Comitato Elettrotecnico Italiano) opera a livello nazionale.

La Società Dami è certificata secondo la norma ISO 9001, un riconosciuto standard mondiale che può apportare numerosi vantaggi e impatti positivi sia interni che esterni. Essa fornisce un quadro dettagliato per migliorare la qualità dei processi, prodotti e servizi offerti da un'azienda, indipendentemente dalla sua dimensione o settore. Adottare la ISO 9001 implica l'implementazione di procedure documentate, il monitoraggio dei processi, la gestione dei rischi e il miglioramento continuo, il tutto finalizzato a garantire che l'organizzazione soddisfi le esigenze dei clienti e mantenga alti standard di qualità. La seguente norma è ampiamente riconosciuta a livello globale e può essere un vantaggio competitivo per le aziende che dimostrano il loro impegno per la qualità e l'eccellenza operativa

Uno degli elementi fondamentali per l'industria è la macchina, e con questo termine si intende "l'insieme equipaggiato o destinato ad essere equipaggiato di un sistema di azionamento diverso dalla forza umana o animale diretta, composto di parti o di componenti, di cui almeno uno mobile, collegati tra loro solidamente

per un'applicazione ben determinata". Deve possedere la dichiarazione CE di conformità.

Per quasi-macchina, invece, intendiamo " gli insiemi che costituiscono quasi una macchina ma che, da soli, non sono in grado di garantire un'applicazione ben determinata". Questi dispositivi sono destinati ad essere incorporati o assemblati ad altre macchine o ad altre quasi macchine/apparecchi per costituire una macchina conforme alle adeguate normative.

Nella azienda DA.MI. S.r.l si utilizzano macchinari che operano ad alte temperature per fondere il materiale e immetterlo nello stampo al fine di realizzare soles; pertanto sono presenti dei sensori che consentono alla macchina di aprirsi e interagire con l'operatore solo quando la temperatura dei dispositivi e degli oggetti in contatto con l'operatore siano a temperatura ambiente.

Gli stampisti quando estraggono le soles dalla macchina, sono muniti di guanti anticalore per evitare ustioni al contatto con l'articolo in caso di mal funzionamento della macchina (questi eventi sono molto rari).

Invece gli addetti al reparto rifilatura, oltre ai guanti protettivi, quando eseguono particolari lavorazioni devono munirsi degli occhiali protettivi messi a disposizione dall'azienda.

1.3. TIPOLOGIA DI PRODUZIONE

Nel contesto di un suolificio, come in qualsiasi altro settore, è essenziale coordinare la produzione con il reparto commerciale dell'azienda. Questo è necessario per comprendere quale tipo di produzione è richiesto, al fine di stabilire prezzi, quantità e date di consegna. Altri aspetti importanti da considerare includono le specifiche riguardanti il colore e il materiale delle soles

desiderate. Nel caso in cui ci siano in magazzino scorte di materiale molto simile per caratteristiche o colore rispetto a quanto richiesto dal cliente, si può valutare un compromesso. Una volta definiti i dettagli, si determina la tipologia di produzione necessaria.

La classificazione si basa su due diverse modalità di vendita, distinte in:

- Produzione su commessa: il cliente richiede un preventivo all'azienda per valutare la fattibilità della sua richiesta; se viene approvato, si procede con la produzione dell'articolo o degli articoli richiesti.
- Produzione a magazzino: si effettua la vendita di prodotti già costruiti e pronti alla vendita. Questa tecnica viene preferita dai clienti per acquistare i vari campioni, che verranno successivamente testati.

Nel settore calzaturiero generalmente la produzione su commessa è la più richiesta, perché i clienti richiedono all'azienda di personalizzare il prodotto. Infatti, anche dopo l'acquisto dei campioni, i clienti hanno la possibilità di effettuare un ordine dove verranno personalizzati i pezzi comprati e si realizzerà una serie secondo le proprie specifiche.

Nel contesto esaminato presso l'azienda Dami, si constata la produzione annuale di oltre un milione di soles. Pertanto, si qualifica la natura della produzione aziendale come massiva, caratterizzata da una domanda del prodotto elevata e costante. In aggiunta, le attrezzature impiegate risultano altamente automatizzate e dedicate al prodotto specifico; tuttavia, è da notare che l'unico elemento che si può sostituire alla macchina per lavorare nuovi articoli è lo stampo, generalmente in alluminio.

Nel contesto dell'asse tecnologico, si fa riferimento (in gran parte) a macchine che effettuano una produzione per processo, ciò significa che la materia prima

subisce una trasformazione per il quale si rende difficilmente identificabile in seguito alla mutazione.

1.4. PRODUZIONE NEL REPARTO PRINCIPALE

Si esegue una trasformazione termica di materiali come TR¹, TR Light² e TPU³. Il processo coinvolge diverse fasi cruciali nell'operazione di trasformazione del materiale, che viene ridotto in granuli e poi trasformato in un prodotto finito. Inizialmente, i granuli sono raccolti e immessi in un ampio contenitore che funge da serbatoio. Questo passaggio di raccolta è fondamentale per garantire un flusso costante di materiale verso la macchina. Successivamente, un tubo collegato alla macchina aspira il materiale dal contenitore, trasferendolo all'interno dell'unità di fusione.

Una volta all'interno della macchina, il materiale viene fuso. Questo processo implica l'innalzamento della temperatura del materiale fino a quando raggiunge uno stato liquido. La temperatura varia per ogni miscela:

1 TR: gomma termoplastica molto usata per la realizzazione di soles. Si possono avere diverse mescole e sono compound il cui componente fondamentale è lo stirolo-butadiene-stirolo (SBS) addizionato con oli, polistiroli, cariche minerali, pigmenti, antiossidanti ecc. Le gomme termoplastiche se formulate correttamente non presentano problemi di resistenza al freddo e possono mantenere un'ottima flessibilità a temperature molto inferiori allo 0°C.

² TR Light: Questo tipo di materiale, utilizzato per i fondi di calzature, rappresenta il massimo per chi cerca leggerezza e flessibilità. Il TR Light permette di ridurre dal 25% al 30% il peso totale della suola rispetto al TR tradizionale (SBS).

³ TPU: Il poliuretano termoplastico è composto da elastomeri poliuretani lavorati con le tecniche dei materiali termoplastici. Vengono prodotti con il procedimento di addizione dell'isocianato e presentano in un determinato intervallo di temperature le caratteristiche elastiche della gomma. I poliuretani termoplastici sono impiegati per diverse tipologie di soles destinate a calzature impegnative per lo sport, il lavoro e il tempo libero. Soles che per la loro specificità richiedono un tipo particolare di formulazione in funzione delle caratteristiche meccaniche del prodotto finale.

- TR: compreso tra 145/150 gradi celsius
- TR Light: compreso tra 130/135 gradi celsius
- TPU: circa 180 gradi celsius

Il controllo termico dei materiali all'interno della macchina è essenziale per consentire la manipolazione e la modellatura del materiale secondo le specifiche del prodotto finale.

L'iniezione del materiale nella macchina avviene grazie ad un iniettore che preleva i granuli con una tubazione da un serbatoio e li porta all'interno della camera di fusione, in cui il materiale viene riscaldato. Ogni macchina nel reparto principale possiede tre iniettori perché è possibile realizzare soles tricolore (a differenza del reparto EVA, che verrà spiegato successivamente, dove si ha un iniettore per macchina perché si stampano soles monocolori). Inoltre, ogni macchina possiede due stazioni, quindi può stampare due paia di soles contemporaneamente.

Quando il materiale arriva a temperatura si esegue il riempimento dello stampo che può avvenire in due distinte modalità:

- A micro: un sensore rileva quando la camera di stampaggio si riempie completamente e si accende una spia. Successivamente, il materiale all'interno dello stampo si raffredda. Se si verificano difetti dopo la produzione delle prime soles, l'operatore ha la possibilità di decidere se prolungare l'iniezione per qualche decimo di secondo oltre il riempimento totale dello stampo. Questo serve a prevenire i possibili restringimenti da parte del materiale nel raffreddamento (ritiro volumetrico). Questa opzione è la preferita quando si stampano soles compatte (senza uso di espandente).

- A tempo: vengono inseriti i tempi delle operazioni da eseguire e in automatico la macchina svolge tali compiti. Questa opzione è la preferita quando si stampano soles in TR Light (con espandente).

Effettuato il riempimento dello stampo, per fondi (suole) in materiale compatto, viene impiegato un compressore esterno collegato alla macchina, che utilizza l'aria compressa per mantenere il materiale all'interno della camera di stampaggio e prevenire la fuoriuscita del materiale. Per la produzione di soles in cui viene utilizzato l'espandente, invece, non si sfrutta l'aria compressa perché potrebbe causare la formazione di bolle nel prodotto finito.

Nella fase di raffreddamento della suola, sarà fondamentale mantenere bassa la temperatura dello stampo per evitare difetti nella fase di solidificazione. Importante è comprendere che è il materiale ad alta temperatura e non lo stampo, perché quest'ultimo servirà a raffreddare il getto. Per raffreddare gli stampi, è indispensabile utilizzare un sistema di refrigerazione. In questo sistema, l'acqua viene trasportata da un frigorifero esterno (che abbassa notevolmente i gradi del liquido) alla macchina, così può passare intorno allo stampo e diminuire la sua temperatura.



Figura 1: i due tubi a sinistra trasportano il liquido refrigerante (acqua e antigelo) fino la macchina, la tubazione a destra trasporta l'aria compressa

Inoltre, durante il processo, si formerà un'eccessiva quantità di materiale, nota come "materozza"⁴, che verrà automaticamente rimossa dallo stampo grazie alla macchina. Infine, l'operatore dovrà provvedere alla sua rimozione dalla macchina stessa.



Figura 2: Materozza

Dopo il completamento del processo di formatura, le soles si trovano a temperatura ambiente grazie alla refrigerazione. A questo punto, l'operatore ha due opzioni: può estrarre manualmente le soles dallo stampo, oppure alcune macchine sono dotate di perni pneumatici che estraggono automaticamente le soles.

L'operatore effettua un primo controllo di qualità visivamente, durante il quale vengono scartate le soles che non rispettano gli standard concordati con i clienti. Ad esempio, se non viene utilizzata una quantità sufficiente di materiale all'interno dello stampo, potrebbe non coprire completamente la superficie,

⁴ Materozza: parte rimossa in seguito lo stampaggio che serve per contenere i difetti come cavità di ritiro.

Fondamentale è progettare lo stampo in modo che la zona di ritiro del materiale fuso sia contenuta nella materozza, altrimenti quest'ultima non soddisferà il suo scopo. La materozza non va confusa con il canale di colata che formano il sistema di colata, cioè l'alimentazione del getto.

risultando in difetti (vedi Figura 3). Al contrario, se viene utilizzata troppa quantità di materiale, potrebbe verificarsi un eccesso che copre un altro colore nel caso di soles bicolore o tricolore (Figura 4)



Figura 3: difetto per mancanza di materiale Figura 4: difetto per eccesso di materiale

In questi due casi si prosegue scartando le paia difettose e regolando il tempo di iniezione attraverso il display predisposto sulla macchina.

Il tempo necessario per la solidificazione e il raffreddamento delle soles varia in base a tre fattori:

- Quantità di materiale introdotto nello stampo: maggiore è la quantità di materiale impiegato per creare la suola, più lungo sarà il tempo di raffreddamento. Di conseguenza, per articoli di dimensioni maggiori, si richiede un tempo maggiore per completare il processo di produzione.
- Tipologia di materiale: le soles realizzate con materiali più leggeri richiedono più tempo per raffreddarsi. Questo principalmente per prevenire la formazione di bolle, quindi è necessario un periodo di raffreddamento più lungo.
- Quantità di colori: nel caso di soles monocolore, viene eseguita una singola colata all'interno dello stampo, mentre per oggetti bicolore o tricolore vengono eseguite due o tre colate per creare l'oggetto. Di

conseguenza, si deve attendere il raffreddamento e la solidificazione di ogni colata. Naturalmente, maggiore è la quantità di materiale utilizzata in ogni colata, maggiore sarà il tempo di attesa complessivo.

In sintesi, il processo descritto coinvolge l'alimentazione del materiale ridotto in granuli in un contenitore, seguita dall'aspirazione e il trasferimento attraverso un tubo nella macchina di lavorazione, dove il materiale viene fuso per consentire la sua manipolazione e modellatura. Questo ciclo di operazioni rappresenta una tappa cruciale nella produzione di una vasta gamma di prodotti, evidenziando l'importanza di un controllo preciso e accurato da parte dell'operatore (che gestisce in media 4 stazioni) durante ogni fase del processo.

Una volta completata la stampa di una serie e quando si cambia miscela per produrre un nuovo modello di fondi, è essenziale eseguire lo spurgo del materiale all'interno dell'iniettore. Questa procedura è fondamentale per garantire che gli oggetti prodotti mantengano le caratteristiche volute e il colore desiderato, evitando che presentino differenze indesiderate e che appaiano macchiati. Questo è particolarmente importante quando si passa da colori scuri a colori chiari.

Su richiesta, possono essere aggiunte lavorazioni extra sulla suola, come ad esempio particolari verniciature o l'inserimento di elementi supplementari, come il guardolo o spoiler.



Figura 5: spoiler realizzato mediante stampante 3D



Figura 6: diversi tipi di guardolo

Queste mansioni possono essere svolte da un addetto specifico, ma a volte sono commissionate a terzisti (ad esempio la verniciatura è sempre affidata a terzi).

Tutti gli articoli realizzati (compresi anche quelli nel reparto EVA,) vengono suddivisi in colli di produzione⁵, e generalmente su tutti i colli viene effettuato un controllo qualità per alcune paia al fine di comprendere se gli standard sono rispettati.

Ogni stampista a fine turno, compila un modulo nella quale segnerà il conteggio delle paia stampate, le soles scartate, il nome dell'articolo ed eventuali fermi macchina (per guasti, manutenzioni, o altro).

1.5. PRODUZIONE NEL REPARTO EVA

Nel reparto EVA⁶, si producono soles molto leggere con densità minore rispetto al TR, ma sono sottoposte a un processo di realizzazione più complesso.

⁵ Colli di produzione: nell'ambito della logistica rappresentano una singola unità di carico (UdC), ovvero una distinta unità di confezionamento/imballaggio di uno o più articoli.

⁶EVA: polimero composto principalmente da etilene e acetato di vinile. Il rapporto tra i due componenti e la percentuale di reticolanti, cariche, allunganti, ed altro, che vengono aggiunte alla miscela ne determinano le caratteristiche prestazionali. L'EVA viene utilizzata principalmente per la produzione di soles ed intersoles. Queste le soles in microporosa, sono

L'etilene vinil acetato (EVA) ridotto in granuli, viene immesso all'interno di un serbatoio collegato, attraverso un sistema di tubazioni e un aspiratore, all'iniettore. In quest'ultimo si trasforma il materiale in una sostanza semiliquida intorno ai 90 gradi celsius, e con una tubazione si collega l'iniettore alla macchina.

Ogni macchina presenta dodici stazioni e sono disponibili due iniettori per macchina (eccetto per una singola macchina che conta sedici stazioni e quattro iniettori).

Una volta all'interno della macchina, l'EVA viene riscaldato a circa 180/190 gradi Celsius per eseguire la reticolazione. Questo processo comprende il riscaldamento del materiale, l'inserimento del materiale liquido nello stampo e il tempo necessario per raffreddare ed estrarre l'articolo senza che si deformi.

In seguito l'operatore rimuove le soole dallo stampo, ne elimina l'eccesso di materiale dovuto al materiale fuso nell'attacco di colata e le posiziona sulla dima per evitare che il restringimento dovuto al processo termochimico, sia eccessivo.

La criticità di questo processo risiede nella tendenza delle soole a subire un ritiro volumetrico dopo essere estratte dalla stazione. Ciò significa che inizialmente la suola risulta più grande rispetto alla forma finale, ma poi si riduce di dimensioni. Per evitare che questo restringimento sia eccessivo, è necessario posizionare la dima alla fine del processo.

Il tempo di raffreddamento intorno alla dima aiuta a mantenere le dimensioni corrette della suola e ha una durata di circa 20/30 minuti, a seconda delle dimensioni.

caratterizzate da leggerezza, flessibilità ed elasticità e con una buona propensione a mantenere la forma originaria.

Infine, un addetto si occupa dell'imballaggio delle soles pronte negli appositi colli ed effettuando anche un controllo qualità.

Quest'ultimo segnala allo stampista le paia non conformi stampate e le soles scartate vengono inserite nel modulo compilato a fine turno dallo stampista, qui sono inserite il numero di paia stampate, le soles scartate, il nome dell'articolo e qualsiasi fermo della macchina dovuto a guasti, manutenzioni o altri motivi.

1.6. CONTROLLO DEL PROCESSO PRODUTTIVO

La gestione dei controlli è supportata da un sistema informativo dedicato, il quale è integrato con il sistema ERP aziendale implementato sui computer aziendali. L'operatore responsabile del controllo qualità inizialmente aggiorna l'applicazione per garantire la sincronizzazione dei dati relativi alla produzione con quelli presenti nel sistema informativo aziendale. Questi dati includono lo stato di avanzamento degli ordini di lavoro e la loro assegnazione al reparto di produzione corrispondente. L'aggiornamento dell'applicazione avviene tramite connessione remota, consentendo così l'utilizzo in ogni reparto produttivo, sia interno che esterno.

Si effettua un controllo sul campo, mediante l'applicazione, il responsabile in primo luogo (addetto al controllo qualità) attraverso un dispositivo elettronico procede alla lettura del codice a barre presente sull'ordine di lavoro (cartellino); l'applicazione gli fornisce i riferimenti sia di articolo che di versione a cui l'ordine fa riferimento. A questo punto il responsabile procede al controllo a campione di alcune soles prodotte e ne verifica la conformità rispetto al master di riferimento. Per ogni ordine di lavoro si riporteranno il numero di paia controllate ed evidenzia le paia con eventuali difetti riscontrati; i difetti vanno anche identificati per causale di non conformità.

Sono stati identificati causali specifiche di non conformità sia per le soles realizzate in EVA, che per quelle in TR e TPU, in modo da riscontrare in modo più efficace i difetti e le possibili contromisure.

Qualora in fase di rilevazione, le conformità riscontrate siano particolarmente gravi sia per caratteristiche che per entità, il responsabile qualità del prodotto può anche procedere ad interrompere la produzione e coinvolgere i responsabili tecnici per identificare una possibile soluzione del problema rilevato.

Tutti i dati rilevati vengono conservati dall'applicazione in uno specifico database, integrato con il sistema informativo aziendale e questo si sincronizza ogni qualvolta il computer viene ricollegato alla rete aziendale mediante l'attivazione dell'apposito menù. I dati relativi alla qualità possono quindi essere rielaborati con applicazioni di fogli elettronici al fine di analizzare le non conformità rilevate e predisporre delle valutazioni complessive per i reparti produttivi sia interni che esterni.

1.5.L'IMPORTANZA DEI TERZISTI PER I PROCESSI PRODUTTIVI

In caso l'azienda si trova in condizioni di capacità produttiva satura o si hanno mancanze di competenze tecniche necessarie per portare a termine determinate lavorazioni, il responsabile della programmazione deciderà, se è necessario, di incaricare la produzione o le lavorazioni a terzi. Questi possiedono reparti di stampaggio oppure reparti dedicati alle lavorazioni necessarie (principalmente rifilatura o carteggiatura).

Nei reparti esterni di stampaggio si prevede la realizzazione di soles (in TR/TR Light/TPU/EVA) attraverso apposite macchine, simili a quelle già esaminate. Il

materiale usato dai terzisti può essere acquistato in proprio oppure vengono spediti dall'azienda che gli affida lo stampaggio.

Se il materiale viene fornito dall'azienda, su richiesta dovrà fornire un resoconto preciso dell'esistenza di magazzino per il materiale e compilare un inventario periodico alla fine di ogni mese. Eventuali anomalie nell'uso del materiale, sia di natura quantitativa (come eccessi di consumo o ammanchi) che qualitativa (come variazioni nella mescola o nel colore), dovranno essere prontamente segnalate.

Stessa cura e attenzione se vengono inviate le attrezzature (quali stampi e marchiature), per la fabbricazione delle soles. Il terzista dovrà seguire attentamente le indicazioni riportate sui cartellini di lavorazione e rispettare le specifiche di controllo per garantire la conformità dei pezzi stampati.

Inoltre, esso sarà responsabile della riservatezza degli articoli prodotti, per evitare che vengano svelati anticipatamente prodotti ancora non in commercio.

Analogamente a quanto previsto per lo stampaggio, anche per i terzisti incaricati della realizzazione di lavorazioni di finitura sono previste specifiche raccomandazioni. In primo luogo, il terzista che riceve le soles stampate da lavorare ha la responsabilità di effettuare un controllo all'arrivo, in particolare quando le soles stampate non sono state realizzate dall'azienda ma da un collaboratore. Al momento del ricevimento delle soles stampate da lavorare, il terzista dovrà conservarle in spazi separati e ben identificati rispetto ad eventuali semilavorati forniti da altri clienti. Inoltre, dovrà fornire in qualsiasi momento, l'esatta quantità di semilavorati in magazzino e in corso di lavorazione, e dovrà compilare un inventario periodico alla fine di ogni mese. Come già menzionato, sarà compito del terzista segnalare eventuali non conformità sulle soles stampate ricevute da altri terzisti. Inoltre, bisogna seguire attentamente le istruzioni di

lavorazione riportate sui cartellini e rispettare le specifiche di controllo al fine di garantire la conformità degli articoli lavorati.

Infine, si effettueranno delle visite periodiche presso i reparti esterni, e sarà compilato un "AUDIT"⁷ predisposto dove ci sono dei requisiti da soddisfare (il controllo potrebbe essere effettuato dal Responsabile del Sistema di Gestione della Qualità).

⁷ AUDIT: modulo in cui sono espresse le attività che verificano l'efficacia dei processi di gestione

2. ATTIVITÀ DI MAGAZZINO

2.1. ORDINI DI APPROVVIGIONAMENTO

Il responsabile incaricato alla pianificazione ha il compito di realizzare il piano di produzione. In questa procedura si effettua il calcolo del fabbisogno dei materiali necessari per il completamento degli ordini. Il calcolo viene elaborato dal sistema informativo e fornisce tutti gli impegni di materiali e componenti per la produzione, specificando il fornitore di riferimento. Il fabbisogno può essere elaborato per singolo ordine, per gruppo di ordini e anche per settimana di produzione confermata.

Siccome attraverso il sistema informativo è possibile controllare la disponibilità di materie, si prosegue con l'ordine di approvvigionamento se le scorte sono al di sotto delle reali esigenze. Gli ordini devono essere caricati nel sistema informativo subito dopo che siano state completate le verifiche di natura commerciale ed amministrativa dagli uffici competenti.

Generalmente nell'azienda in questione, si tiene conto oltre al lead time⁸ dell'ordine, una settimana di sicurezza così da evitare ritardi di consegna.

Tutti gli ordini di approvvigionamento devono obbligatoriamente riportare indicata la data di consegna richiesta al fornitore che risulti compatibile con quella del piano di produzione. Una volta emesso l'ordine, il responsabile della pianificazione e degli approvvigionamenti attende la conferma di consegna da parte del fornitore e se diversa da quella richiesta provvede a rinegoziarla o ad aggiornarla sempre compatibilmente con le esigenze di produzione. Le date di

⁸ Lead time: tempo compreso fra l'emissione dell'ordine e l'effettivo arrivo dell'ordine

consegna servono anche ad informare il magazzino per organizzare al meglio il ricevimento della merce.

Gli ordini più frequenti riguardano le materie prime, ma è possibile ricevere anche componenti, semilavorati o prodotti finiti.

I semilavorati sono rappresentati da soole stampate, le quali richiedono il completamento del ciclo di produzione tramite trattamenti di finitura superficiale, pertanto è necessario provvedere al loro stoccaggio.

Differentemente, per i prodotti finiti, non è previsto lo stoccaggio (se non per specifiche richieste,) al fine di poter spedire prontamente gli articoli.

2.2. ACCETTAZIONE MATERIALI, COMPONENTI, SEMILAVORATI E PRODOTTI FINITI

Va fatta una distinzione per tipologia di materiale in ingresso secondo la seguente classificazione:

- Materie prime
- Componenti e accessori per la produzione
- Materiali di consumo
- Materiali di imballaggio
- Semilavorati (realizzati esternamente)
- Prodotti finiti (realizzati esternamente)
- Stampi ed attrezzature

Le modalità di accettazione variano a seconda del tipo di materiale ricevuto

ACCETTAZIONE MATERIE PRIME

Si effettua un controllo quantitativo delle materie prime che vengono fornite in granuli. Il controllo qualità riguarda il colore e la presenza della scheda tecnica del materiale.

L'attività di controllo delle materie prime viene effettuata dall'addetto al magazzino materie prime attraverso i piani di campionamento definiti e le tabelle di controllo specifiche.

COMPONENTI E ACCESSORI PER LA PRODUZIONE

Dopo il controllo quantitativo, per i componenti (come guardoli, inserti, fascette) il controllo qualità riguarda le dimensioni e il colore. L'attività di controllo dei componenti viene effettuata dall'addetto al magazzino materie prime attraverso i piani di campionamento definiti e le tabelle di controllo specifiche (come nell'accettazione materie prime).

MATERIALI DI CONSUMO

Per i materiali di consumo il controllo si limita a quello quantitativo e sulla natura del bene. L'attività di controllo dei materiali di consumo viene effettuata dall'addetto al magazzino materie prime.

MATERIALI DI IMBALLAGGIO

Successivamente alla fase di verifica quantitativa, il controllo qualità si concentra sull'integrità del pallet, sulle dimensioni e sulla conformità grafica dell'imballo.

Questo processo di controllo dei materiali di imballaggio è condotto dall'operatore addetto al magazzino materie prime, seguendo i piani di campionamento definiti e le relative tabelle di controllo specifiche

SEMILAVORATI

Dopo il processo di controllo quantitativo, per i semilavorati, principalmente composti da soles stampate esternamente in attesa di ulteriori finiture, il controllo di qualità si concentra su una serie di criteri, conformi a quelli stabiliti nella procedura di controllo del processo. La supervisione dei semilavorati è compito del responsabile del magazzino dei prodotti finiti, assistito dal responsabile del controllo di qualità se necessario, ma può essere delegata anche agli autisti nel caso in cui trasportino semilavorati da un reparto esterno all'altro senza passare dalla sede aziendale. Tutte le verifiche devono essere eseguite in conformità con i piani di campionamento stabiliti e le specifiche tabelle di controllo. In ogni caso, il terzista responsabile della lavorazione può richiedere l'intervento del responsabile del controllo di qualità nei casi giudicati opportuni. Si sottolinea che, se il semilavorato è già stato verificato dal responsabile del controllo di qualità presso il terzista, il collo sarà identificato tramite un'etichetta posta su di esso.

PRODOTTI FINITI

Dopo il controllo quantitativo, per i prodotti finiti il controllo qualità riguarda una serie di requisiti, che sono identici a quelli definiti nella procedura di controllo del processo. La verifica dei prodotti finiti è eseguita dall'operatore del magazzino dei prodotti finiti utilizzando i piani di campionamento stabiliti e le specifiche tabelle di controllo, eventualmente con il supporto dell'operatore del controllo qualità, se necessario. È opportuno precisare che nel caso in cui il prodotto finito

sia stato precedentemente sottoposto a controllo da parte dell'operatore del controllo qualità presso il terzista, il o i collo/i saranno identificati mediante un'etichetta posta sul collo stesso (quindi come nei semilavorati).

STAMPI E ATTREZZATURE

Per questa tipologia di materiali il controllo in accettazione è solo quantitativo e sulla natura del bene mentre invece viene demandata all'ufficio tecnico tutta l'attività di controllo e funzionalità secondo quanto specificato nelle procedure di sviluppo prodotto.

REGISTRAZIONE DELLE NON CONFORMITÀ IN ACCETTAZIONE

Qualora la merce non superi il controllo qualità previsto va opportunamente registrata la non conformità e gestita secondo quanto descritto nella procedura di riferimento.

2.3.GESTIONE MAGAZZINO

Per avere una efficace ed efficiente gestione del magazzino è necessario organizzare degli inventari periodici finalizzati al controllo delle esistenze di magazzino, nonché per fornire la giusta valorizzazione delle rimanenze per i controlli economici periodici. Le diverse tipologie di materiali possono così essere classificate:

- Materie prime

- Componenti per soles (guardoli, inserti, fascette, ecc.)
- Semilavorati
- Prodotti finiti
- Materiali imballati

Gli inventari hanno per oggetto la rilevazione fisica di tutti i materiali presso i magazzini dislocati negli stabilimenti interni e anche quelli in conto lavoro presso i terzisti. Gli inventari vengono effettuati con cadenza trimestrale e quello di fine anno dovrà essere totale per cui anche i materiali parzialmente utilizzabili, gli scarti o materiali obsoleti vanno conteggiati e le giacenze vanno riportate nei moduli inventariali opportunamente predisposti. Al fine di facilitare il conteggio, tutti i materiali devono essere ben identificati, ordinati e facilmente rintracciabili. Una volta raccolti tutti i moduli inventariali, si procede alla registrazione delle esistenze rilevate nel sistema informativo provvedendo a verificare tutte le rettifiche per maggiorazione che in difetto sia in quantità che in valore.

Per le materie prime presenti presso i terzisti, essendo gestite in conto vendita, non va riscontrato il valore ma in ogni caso viene richiesto ai terzisti di comunicare le esistenze di fine mese per effettuare le quadrature dei consumi.

3. CALCOLO INDICATORI PRESTAZIONALI DEI REPARTI PRODUTTIVI

3.1. L'IMPORTANZA DEGLI INDICATORI PRESTAZIONALI PER LA PIANIFICAZIONE DELLE ATTIVITÀ PRODUTTIVE

In un contesto sempre più competitivo e dinamico, una pianificazione efficace riveste un ruolo cruciale per il successo e la sostenibilità delle organizzazioni. Gli indicatori prestazionali aiuteranno a guidare e informare tale processo decisionale, consentendo alle aziende di valutare, monitorare e ottimizzare le proprie prestazioni in modo mirato ed efficiente così da promuovere una gestione strategica orientata ai risultati.

Perciò calcolare gli indicatori di prestazione dei reparti è fondamentale per comprendere l'effettiva capacità produttiva di reparto.

Ciò che incuriosisce sempre le aziende è conoscere e promuovere nuovi metodi produttivi che permettono di ottenere una migliore gestione delle risorse, in modo da produrre:

- la quantità stabilita
- al costo stabilito (se non minore)
- nel rispetto dei tempi di consegna



Figura 7: elementi principali che interessano la programmazione della produzione

Questo però si ottiene, attraverso un'ottima programmazione della produzione. Definiti i parametri necessari, si redigono:

- il piano aggregato di produzione (PA):
- piano principale di produzione (MPS):
- il piano dei fabbisogni:
- il piano della capacità produttiva.

3.2. COMPrensione DEI TEMPI CICLO PER SINGOLO ARTICOLO AL FINE DI INDIVIDUARE LE CRITICITÀ NELLA PIANIFICAZIONE

La complessità nel capire quanto sia realmente la capacità produttiva, è uno degli aspetti da curare in una azienda al fine di capire se è in grado di poter elaborare tutti gli ordini in arrivo.

Nel caso in cui non sia possibile soddisfare le varie richieste, si ricorrerà ad affidare gli ordini ad uno o più terzisti, che lavoreranno per conto della azienda.

L'obiettivo è garantire il bilanciamento tra capacità produttiva disponibile e capacità necessaria per realizzare la produzione programmata. Importante sarà comprendere la fattibilità del piano MPS⁹ dei vari articoli attraverso il loro tempo di realizzazione.

Nel reparto EVA, per la produzione di soles, vengono considerati diversi fattori temporali. Si valuta il tempo necessario per accendere le macchine, il tempo di movimentazione, il set-up delle apparecchiature, il processo di reticolazione e il tempo perso durante l'attesa e il trasferimento tra le diverse postazioni di lavoro.

⁹ Piano MPS: piano principale di produzione, utile per la pianificazione della produzione di un determinato articolo, consentendo di stimare la domanda prevista nel tempo. Attraverso questa pianificazione, è possibile determinare la quantità ottimale da produrre durante un dato periodo, che può essere settimanale o mensile, in modo da soddisfare la domanda del mercato e ottimizzare l'efficienza della produzione

Inizialmente, il tempo per accendere le macchine è di circa 30 minuti per portarle alla temperatura di lavoro (circa 190 gradi Celsius). L'impianto funziona anche di notte (eccetto i periodi in cui la domanda è bassa), quindi spesso non si hanno problemi nel considerare tale tempistica, ma comunque è cruciale in caso di fermi imprevisti delle macchine, poiché sarà necessario attendere altri 30 minuti per riavviarle.

Ad esempio, se si verificasse un fermo macchina di un'ora nel reparto EVA, considerando che ogni macchina nel reparto EVA ha 12 stazioni, ci sarebbe una perdita di produttività che potrebbe tradursi in una produzione inferiore di 108 paia se si considera un tempo ciclo di 600 secondi per paio (quindi un'ora e mezza di inattività della macchina considerando anche i 30 minuti per riavviarla ed arrivare alla temperatura necessaria per lo stampaggio).

È importante considerare questi aspetti nella pianificazione, poiché ritardi nella consegna possono causare costi aggiuntivi e influenzare la fiducia del cliente. L'ideale sarebbe avere un tempo di "lead time" tra la fine della produzione e la consegna, ma ciò potrebbe comportare costi di magazzino e maggior occupazione degli spazi.

La differenza tra il lead time dell'ordine di produzione e il tempo di lavorazione effettivo è misurata tramite l'indice di flusso, calcolato come il rapporto tra il lead time e il tempo ciclo di lavorazione.

Un indice di flusso di 10 indica che ogni 10 ore di produzione, solo 1 ora è effettivamente dedicata alla trasformazione e quindi aggiunge valore, mentre le restanti sono considerate non produttive e possono essere equiparate a sprechi.

Questo indice può essere suddiviso in due componenti, ossia l'elasticità di programmazione e il tempo di attesa in coda. Per ottenere questi valori, è

sufficiente moltiplicare il numeratore e il denominatore dell'indice per il tempo ciclo del lotto medio, come illustrato in figura

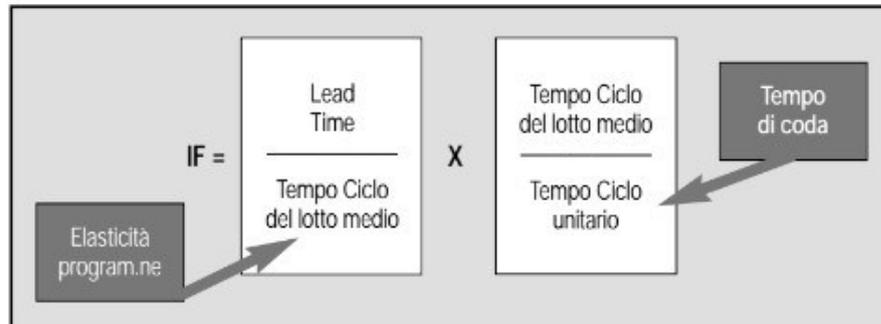


Figura 8 : calcolo indice di flusso

Un altro parametro da considerare è il tempo di movimentazione, che dipende dal sistema di movimentazione, dal layout e dalle risorse disponibili. Si tiene conto del tempo impiegato dall'operatore per spostarsi tra le diverse stazioni e per cambiare il collegamento degli iniettori alla macchina durante il cambio materiale.

Ad esempio, esaminando il caso di due differenti operai che eseguono questa procedura, ho notato come uno impiega circa 23 secondi nel collegare l'iniettore alla macchina, mentre un altro impiega circa 43 secondi.

Il tempo di set-up è importante per preparare la macchina alla lavorazione, e include operazioni come l'applicazione di distaccante (se necessario) e il cambio dello stampo per ogni modello da produrre.

Il tempo di reticolazione è quello necessario per effettuare la formazione del reticolo (quindi tempo di iniezione e di raffreddamento) nella suola in EVA. Questo tempo è calcolato dalla macchina per ogni paio di soles prodotte.

Dopo lo stampaggio, l'operatore rimuove le soles dallo stampo, rimuove la materozza e posiziona l'articolo su una formella¹⁰ per evitare che il restringimento dovuto al processo termo-chimico, sia eccessivo. Il tempo di raffreddamento intorno alla formella aiuta a mantenere le dimensioni corrette della suola e dura circa 20/30 minuti, a seconda delle dimensioni e dalla forma.

Infine, un addetto si occupa dell'imballaggio delle soles pronte. Il tempo perso nello spostarsi tra i diversi centri di lavorazione dipende dalla velocità dell'operatore nell'eseguire le mansioni precedenti. Maggiore è la velocità, maggiore sarà l'efficienza complessiva del reparto, così che l'operaio finisca di eseguire i propri compiti prima che la macchina risulti inutilizzata.

Nell'azienda in cui ho svolto l'attività di tirocinio, sono stati presi in considerazione il tempo di reticolazione per la realizzazione di ogni articolo e un intervallo di circa 60 secondi che racchiudono il tempo di set up e di movimentazione medio di ogni lavoratore.

Attraverso le schede parametri è possibile ricavare questi tempi, che vengono poi riportati manualmente sul software gestionale. Una volta inseriti, sarà possibile estrarre o stampare una tabella nella quale sono visibili il codice articolo, la sua descrizione, il numero serie, la taglia, la taglia abbinata (ad esempio per non realizzare mezzi numeri si può usare una suola 37 per il numero 37 e mezzo o vice versa), il tempo di reticolazione e il tempo ciclo di ogni prodotto caricato su tale software.

Queste informazioni saranno utili perché attraverso un software di programmazione (ad esempio Excel) si riuscirà a calcolare la produttività dell'impianto.

¹⁰ Formella: oggetto (di solito in legno) che permette di dare la dimensione del numero effettivo alle soles prodotte in EVA

A fine turno, gli operai dovranno compilare una "scheda produzione" nella quale riporteranno:

- Il proprio nome e la data
- i modelli stampati (compresa il numero)
- il contatore stazione all'inizio e fine turno (per contare le paia prodotte)
- la lettura Kwh ad inizio e fine turno
- gli eventuali guasti e manutenzione macchina se effettuati
- le paia realizzate fuori produzione

La scheda sopra menzionata sarà inserita in un file Excel da un addetto, al fine di registrare ciò che viene prodotto in ogni turno di lavoro. Questo consentirà di calcolare in modo più obiettivo l'efficienza del reparto, poiché avremo accesso a:

- Il numero di paia prodotte nel turno per ogni modello;
- Il tempo ciclo assegnato a ciascun modello;
- L'orario di lavoro della linea.

Per calcolare le ore di produttività, è necessario moltiplicare ciascuna quantità per il tempo corrispondente. Ad esempio:

Modello A: tempo 5', paia 15; minuti prodotti: $5' \times 15 = 75'$

Modello B: tempo 4', paia 20; minuti prodotti: $4' \times 20 = 80'$

Modello C: tempo 5', paia 20; minuti prodotti: $5' \times 20 = 100'$

Modello D: tempo 6', paia 15; minuti prodotti: $6' \times 15 = 90'$

Totale ore prodotte: $75' + 80' + 100' + 90' = 345' = 5,75$ ore

ore lavorate: 7,5 ore Efficienza: $5,75 / 7,5 = 76,7\%$

Questo processo viene ripetuto per ogni linea e per ogni turno.

Dato il numero considerevole di articoli, eseguire manualmente tali calcoli sarebbe poco pratico e richiederebbe molto tempo. Pertanto, l'utilizzo di Excel si rivela efficace per automatizzare queste operazioni, semplicemente inserendo le informazioni necessarie. Nel file Excel dove vengono riportate le informazioni della scheda produzione, verranno aggiunti i tempi di produzione per ciascun articolo. Il comando "CERCA.VERT" sarà particolarmente utile in questo contesto, poiché permette di individuare gli articoli desiderati nell'elenco dei tempi e recuperare i tempi ciclo corrispondenti (che verranno espressi in ore).

Calcolo su excel delle ore di produzione attraverso il tempo ciclo di un singolo articolo (paia di scarpe,) moltiplicato per la somma delle paia scartate e quelle accettate al controllo qualità

ARTICOLO-GENERE	TEMPI	hh prod.	Materiale	Lotto	Inizio	Fine	Scarto	Fuori Produzione	paia tot	Paia	
DPSOL_WME	0,16	=K4*(Q4+T4)		2024000495	75	113	1		29	38	37

Figura 9: esempio di calcolo del tempo di produzione di un articolo

3.3.COS'È L'OEE

Le aziende spesso valutano l'efficienza in base al rapporto tra le ore standard e quelle effettivamente lavorate dai dipendenti (e talvolta dalle macchine), seguendo un approccio economico-finanziario tradizionale. Tuttavia, molte di queste hanno recentemente trasformato la loro struttura da intensiva in manodopera a intensiva in capitale, dove l'efficacia è ora determinata principalmente dall'utilizzo efficace delle macchine.

In questa ottica, l'efficienza complessiva degli impianti rappresenta la percentuale di tempo destinata a trasformare le materie prime o semilavorati in prodotti finiti

di qualità rispetto al tempo totale programmato dall'azienda. È cruciale comprendere le cause che influenzano le prestazioni di efficienza degli impianti.

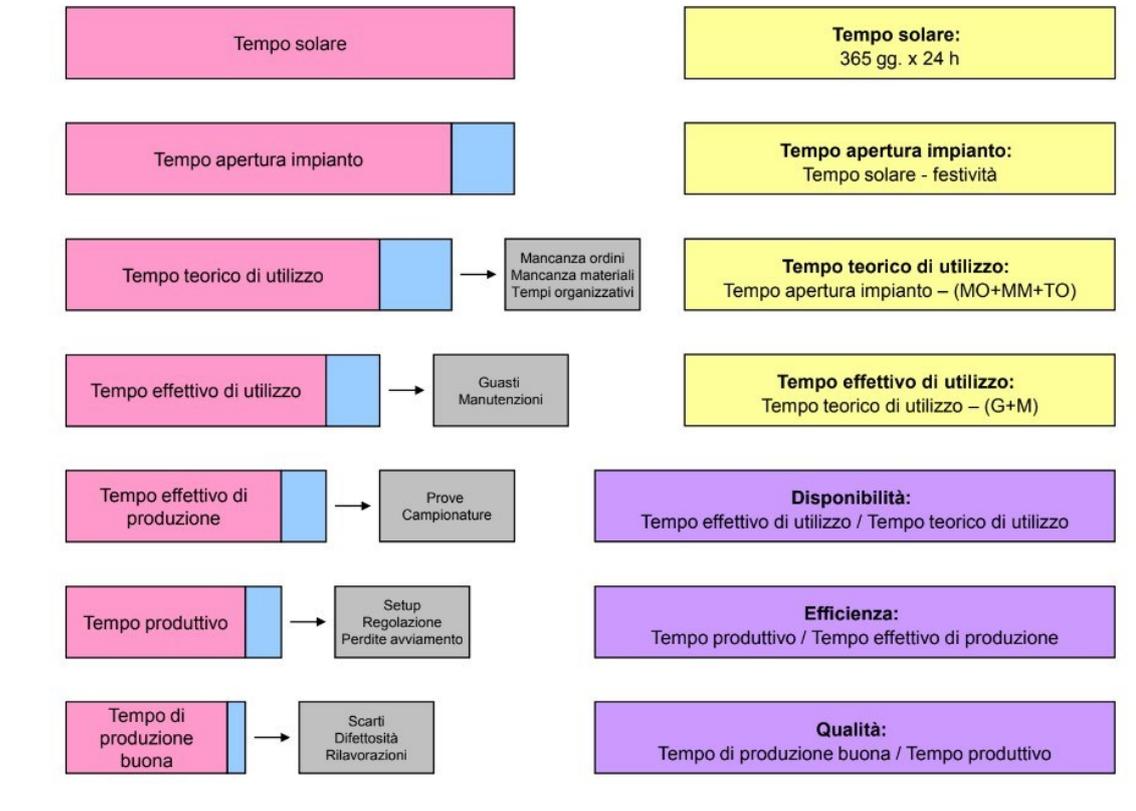
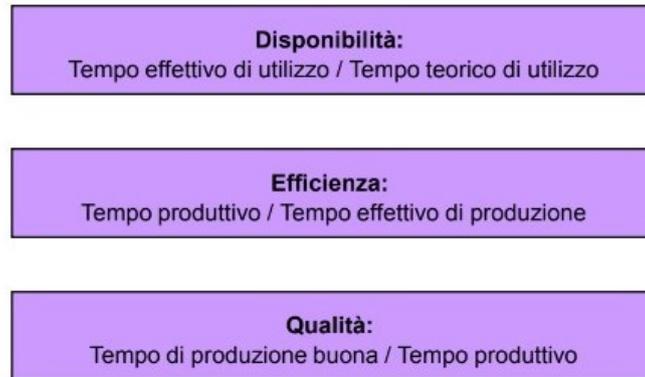


Figura 10: processo decisionale per determinare l'OEE

Il Japan Institute of Plant Maintenance (JIPM) ha identificato diverse tipologie di perdite di efficienza, tra cui guasti, tempi di setup, regolazioni fino al raggiungimento della qualità desiderata e tempi di avviamento. Queste perdite influenzano la disponibilità degli impianti.

Altre perdite includono micro interruzioni, rallentamenti della velocità e difetti che richiedono operazioni di riparazione. Questi fattori incidono sull'efficienza delle prestazioni degli impianti e sulla qualità del prodotto finale.

L'efficienza viene valutata tramite un indice chiamato OEE (Overall Equipment Effectiveness), che consente di identificare le principali cause di perdita di efficienza. Tale indicatore si può calcolare con la formula:



Efficienza degli impianti: OEE (Overall Equipment Effectiveness)

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

Figura 11: calcolo OEE

In realtà, questo indicatore può essere calcolato diversamente da ogni azienda. Per l'elaborato svolto ci è sembrato più opportuno utilizzare "disponibilità", "efficienza" e "qualità" al fine di determinare l'OEE.

Esiste anche un indice correlato chiamato OLE (Overall Labor Effectiveness), utilizzato quando il fattore umano è predominante rispetto a quello tecnologico, come nelle linee di assemblaggio.

Un'efficienza elevata negli impianti critici è fondamentale per velocizzare i tempi di produzione e ridurre i lotti di produzione. È essenziale disporre di un sistema di rilevamento dei dati di fabbrica per monitorare i vari stati delle macchine e calcolare l'efficienza correttamente.

La differenza tra la capacità produttiva teorica e il tempo programmato rappresenta la capacità dell'ufficio programmazione di utilizzare gli impianti in modo efficace. Questo è più un indicatore della capacità di programmazione che un indicatore diretto dell'impianto stesso.

3.4.CALCOLO OEE REPARTO EVA

A questo punto, grazie al lavoro descritto al punto 3.2. e dopo aver spiegato cos'è l'OEE, si può implementare quest'ultimo al progetto svolto.

Utilizzando una "Tabella Pivot", è possibile organizzare le settimane e le date dei diversi turni degli operatori del reparto EVA per riga, mentre per colonna verranno elencati i turni utilizzati per ciascuna stazione.

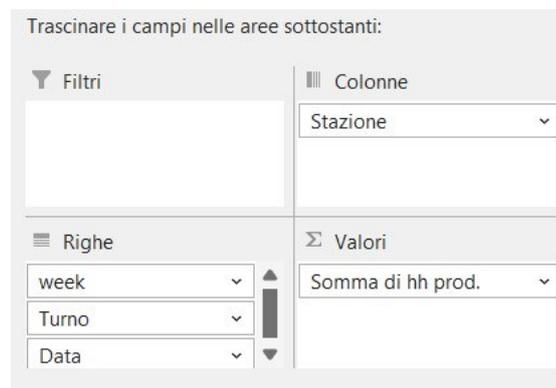


Figura 12: impostazione tabella pivot

Così facendo si permette di calcolare in maniera più efficace il numero di turni a disposizione e quelli realmente utilizzati al fine di calcolare la "disponibilità" e "l'efficienza" nel reparto settimanalmente. (cioè due dei tre indicatori dell'OEE).

Il comando Excel "CONTA.VALORI" è stato efficace per contare le caselle non vuote (turni effettuati) nel reparto EVA, a differenza del comando "CONTA.VUOTE"

che ci ha permesso di conteggiare le ore a disposizione ma non effettivamente impiegate per la produzione di soles (ore teoriche utilizzo).

DISPONIBILITÀ

Una volta conteggiate quest'ultime e le ore a disposizione del personale per ogni macchina (ore effettive produzione), si calcola la voce "disponibilità" andando a dividere le due voci

hh effettive di produzione	
hh teoriche utilizzo	
disponibilità	82%

Figura 13: calcolo disponibilità

Come si può notare dalla figura 13, molte ore non vengono impiegate nella produzione perché ci sono 12 stazioni per ogni macchina dove le stazioni dispari sono collegate ad un iniettore, mentre quelle pari ad un altro. Siccome ogni macchina ha due iniettori ed a ciascuno di essi è possibile caricare un solo materiale alla volta, si possono quindi usare contemporaneamente solo due materiali per macchina. Però appunto dal materiale dipendono il colore e altre caratteristiche. Sarà probabile, di conseguenza, che alcune stazioni rimangano ferme perché non si hanno articoli dello stesso materiale da stampare. Inoltre, in gran parte dei casi, si cerca di fare la stampa di tutte le numerate dello stesso articolo in una singola macchina sfruttando tutte le stazioni; poiché alcune taglie sono più richieste rispetto ad altre, si può verificare che rimangano ferme alcune stazioni quando le numerate meno richieste hanno finito di stampare e non ci sono articoli dello stesso materiale da realizzare.

discorso differente per la macchina eva 1 dove ci sono 16 stazioni di cui 12 funzionano come le precedenti, ad eccezione delle ultime quattro (13,14,15,16)

che presentano altri due iniettori di cui uno si collega alla stazione 13 e 15, mentre un altro si collega alle stazioni 14 e 16.

EFFICIENZA

Per il calcolo dell'efficienza sarà possibile sommare i tempi di produzione degli articoli (considerando lo stampaggio e il tempo uomo) e dividerli con le ore effettive di produzione. Da non confondere "ore prodotte" e "ore effettive di produzione" perché le prime indica il tempo dove realmente si producono gli articoli, mentre le seconde sono ore in cui macchina e/o operatore sono a disposizione (per orari/turni di lavoro). Se si verifica un cambio stampo o un fermo macchina, questi vengono conteggiati nelle ore effettive di produzione ma non nelle ore prodotte. Sempre attraverso la tabella pivot riusciamo a trovare queste voci.

hh prodotte	
hh effettive di produzione	
efficienza	47%

Figura 14: calcolo efficienza

Un elemento che incide di più sull'efficienza del reparto è senz'altro il cambio stampo necessario per produrre un modello diverso di suola sulla stessa stazione di lavoro. L'operazione potrebbe richiedere circa 20 minuti poiché è necessario attendere il raffreddamento dello stampo prima di poterlo rimuovere, dopodiché se ne inserisce un altro (anche questo viene considerato nelle ore effettive di produzione).

QUALITÀ

L'indicatore "qualità" ci consente di determinare la percentuale delle coppie di soles conformi agli standard di accettazione. Questo calcolo viene eseguito

dividendo il numero di coppie conformi che possono avanzare nella lavorazione successiva per il numero di paia totali realizzate. Anche in questo caso usufruiamo di una tabella pivot per agevolare il conteggio delle paia accettate, totali e scartate; inoltre l'indicatore viene calcolato settimanalmente (come per "disponibilità" ed "efficienza").

paia totali- paia scartate	
paia totali	
qualità	71,44%

Figura 15: calcolo qualità

Come ultimo passaggio, si determina l'OEE moltiplicando i tre indicatori di disponibilità, efficienza e qualità

disponibilità	82%
efficienza	47%
qualità	71,44%
OEE	27,41%

Figura 16: esempio di calcolo OEE settimanale in una particolare situazione critica

In questo esempio, osserviamo che l'OEE è significativamente basso, poiché un valore ottimale di questo indicatore di prestazione si aggira intorno all'80/85%. Questo però è dovuto anche a causa di un valore di "efficienza" basso, dovuto soprattutto al caso descritto nella pagina 40, in cui non è possibile utilizzare la stessa macchina per più di due materiali differenti.

Una volta calcolato l'OEE settimanalmente, si prosegue nell'esaminare l'OEE mensile per macchina, oppure si possono sommare per ogni macchina le:

- Ore teoriche di utilizzo
- Ore effettive di produzione
- Ore prodotte
- Paia totali
- Paia scartate

Così da svolgere il calcolo di disponibilità, efficienza e qualità di reparto, utili nel trovare l'OEE totale (di reparto).

In seguito al calcolo dell'OEE, si possono effettuare delle osservazioni che potranno essere utili a migliorare i processi e la produzione.

3.5. RIFERIMENTI ALLA LEAN PRODUCTION, ACCORGIMENTI PER MIGLIORARE LA PRODUZIONE (I SETTE MUDA E CICLO KAIZEN)

La Lean Production è un approccio applicato al processo produttivo che, paragonato alla produzione di massa tipica dell'industria occidentale, usa "meno di tutto", cioè meno lavoro umano, meno tempo per sviluppare nuovi prodotti, minori stock, minore superficie di stabilimento.

L'azienda automobilistica Toyota è stata la prima a sviluppare questo modello e ciò ha portato a concepire il prodotto ed il cliente in un modo completamente nuovo: le strategie sono concentrate sui bisogni del cliente e il prodotto deve essere realizzato con il minor spreco possibile. Appaiono subito evidenti, pertanto, i vantaggi che può avere una fabbrica che adotta un approccio Lean (snello): si lavora con poche scorte; le anomalie vengono scoperte ed eliminate rapidamente; il rapporto di fiducia con i fornitori favorisce la semplificazione dei processi di approvvigionamento; la preparazione del personale polifunzionale ne

accresce la motivazione come pure contribuisce al miglioramento della qualità e dell'efficienza.

Utilizzando il concetto dei sette sprechi della "Lean Production", è possibile concentrarsi su specifici aspetti o attività che possono essere migliorati per ottimizzare la produzione.

Nella visione Lean viene indicato come uno spreco tutto ciò che non aggiunge alcun valore al bene prodotto, trasformando questi fattori in una perdita di tempo e denaro.

Analizziamo le 7 categorie comprensive di tutte le modalità in cui le organizzazioni, secondo Taiichi Ohno¹¹, sprecano le loro risorse.

1 ATTESE

Costituiscono un grande spreco di tempo le "attese non strettamente necessarie", perché possono rappresentare fino al 95% del lead time di produzione. In alcuni casi sono dovuti a errori di sincronizzazione delle lavorazioni (problema causato dalla pianificazione), da ritardi di arrivo dei materiali, da code improvvise per guasti macchina, attesa che l'operatore finisca un'altra mansione...

Altri tempi di attesa nascosti tra vari aspetti può essere ad esempio la mancanza di addestramento del personale.

Rimuovere le cause che possono provocare attese non necessarie potrebbe non essere semplice, ma rappresenta del tempo non produttivo che genera un mancato guadagno.

2 TRASPORTI

¹¹ Taiichi Ohno: padre fondatore del sistema di produzione della Toyota che venne successivamente denominato con il termine "lean production".

Tutte le operazioni di trasporto (anche da un reparto all'altro,) hanno indubbiamente un costo in termini di risorse e che a tutti gli effetti è considerata come una lavorazione aggiuntiva in termini di tempo e denaro. Abitualmente ci sono due aspetti su cui investigare e intervenire: analizzare la causa/motivo per cui è necessario il trasporto; analizzare e migliorare il metodo di trasporto. Per quest'ultimo aspetto si valuta la frequenza, la distanza da percorrere, il tempo necessario, l'attrezzatura necessaria per il trasporto e altri aspetti correlati.

L'obiettivo è diminuire ed eliminare i trasporti superflui e ottimizzare quelli necessari.

3 SOVRAPPRODUZIONE

Si manifesta quando si produce in eccesso rispetto la domanda. Comporta l'utilizzo di risorse anticipate e di magazzini per prodotti finiti in attesa di essere venduti. È fondamentale stabilire il valore standard dello stock e organizzarsi per tenerlo sotto controllo in modo da non produrre oltre le effettive richieste dei clienti. Ciò viene eliminato riducendo i tempi di set-up, livellando le quantità, sincronizzando il processo, migliorando il layout. Si produce solo ciò che è necessario in un dato momento.

4 SCORTE

Le scorte (che possono essere di vario tipo come già visto nel capitolo 4,) generano un patrimonio "intrappolato" all'interno dei magazzini. Infatti ottimizzando il numero di articoli/materie nei magazzini, si ha una diminuzione del costo dell'inventariato significativa che rende disponibile il capitale in altri usi.

Una tecnica che si può sfruttare per migliorare la gestione delle scorte è il metodo di Pareto¹² (analisi ABC).

5 MOVIMENTAZIONE

Apparentemente la movimentazione potrebbe apparire identica al trasporto, ma in questo caso parliamo di movimentazione all'interno del ciclo produttivo.

Parleremo di trasporto quando c'è il trasferimento da un'area (work station, reparto, linea) all'altra, mentre di movimentazione quanto il trasferimento avviene all'interno del medesimo ciclo di lavorazione.

Per minimizzare le tempistiche si può affidare tale compito ad un dipartimento di Industrial Engineering o un ufficio Tempi e Metodi.

6 DIFETTI

Spesso si confondono gli articoli scartati con quelli difettosi. Molte volte sfugge il fatto che un pezzo "difettoso" non viene sempre scartato, ma può subire lavorazioni che permettono di renderlo conforme, come gli articoli ritenuti "buoni". Sicuramente però le ri-lavorazioni per correggere le imperfezioni hanno un costo e possono portare a perdite di tempo.

Per ottimizzare questi problemi bisogna coinvolgere anche enti esterni alla produzione con lo scopo di aumentare la "qualità" del processo di produzione.

¹² metodo di Pareto: è un'analisi che categorizza gli articoli in magazzino in base al loro valore relativo. Secondo questo principio, il 20% degli articoli rappresenta l'80% del valore complessivo della merce di magazzino, quindi sono classificati come "Classe A". Il 30% degli articoli costituisce il 15% del valore totale, e sono designati come "Classe B". Infine, il restante 50% degli articoli, pur essendo numerosi, contribuiscono solo al 5% del valore totale della merce in magazzino, essendo classificati come "Classe C".

Ad esempio si può esaminare insieme al progettista degli stampi, quelli che sono gli spazi difficilmente raggiungibili dal materiale fuso all'interno dello stampo. Oppure consultare la casa produttrice delle macchine di stampaggio se ci sono difetti comuni negli articoli realizzati dalla macchina stessa, perché ciò potrebbe ripetersi nel tempo dando luogo a spreco di risorse e materiali.

7 PROCESSO

Durante i vari cicli di lavorazione, si possono ritenere inefficienze

- I rallentamenti del flusso produttivo: come code e attese
- Difettosità o scarto del prodotto: una semplice lavorazione di rifilatura per correggere una imperfezione o aumentare la produzione a causa dei prodotti scartati, portano ad inefficienze significative che chiedono un intervento per risolverle.
- Aumento dei costi: se avviene, valutare la convenienza nel continuare la produzione
- Bassa efficienza degli impianti: impianti obsoleti, guasti, carenze manutentive....
- Inefficienze organizzative: mancanza risorse (operatore o macchina), carenza di informazioni del personale, mancanza leadership, eccessiva complessità del processo decisionale...
-

Queste sono soltanto alcune cause possibili, ma in conclusione è fondamentale il monitoraggio, l'analisi e il miglioramento costante del processo produttivo e garantire la loro stabilità e ripetitività nel tempo.

Tra i motivi del successo della Lean Production, vi è il superamento del trade-off tra produttività e qualità; si è sempre pensato, infatti, che un alto livello di produttività a bassi costi escludesse un alto livello di qualità. Il modello produttivo

giapponese ha insegnato che con l'eliminazione degli sprechi e tutte le tecniche e gli strumenti ad essa collegati, i costi di produzione possono essere abbassati notevolmente e la qualità totale può essere perseguita attraverso la filosofia del miglioramento continuo, cioè il ciclo Kaizen (utilizzato successivamente nel caso studio). Per individuare e comprendere i sette sprechi in un processo di produzione, serve un modo organizzato di pensare, perciò il concetto di ciclo Kaizen risulta utile. Questo comprende 5 punti:

- 1 Vai nel gemba (posto fisico) dove si evidenzia il problema
- 2 Osserva e registra tutto quello che succede
- 3 Prendi subito contromisure (anche se temporanee)
- 4 Identifica la causa principale
- 5 Standardizza le soluzioni trovate, per prevenire il ripetersi del problema

Kaizen è una filosofia, uno stile di vita ed è focalizzata sul miglioramento continuo dei processi organizzativi. Masaaki Imai¹³ lo considera "la chiave del successo competitivo giapponese, un cambiamento continuo che coinvolge tutti, dai top manager ai semplici lavoratori", il messaggio di Imai alle compagnie occidentali è "Fallo meglio, miglioralo – anche quando non è rotto, perché se non lo fai, non sarai in grado di competere con le organizzazioni che lo fanno". Uno dei concetti basilari del Kaizen è quello che "se non c'è azione non c'è successo". L'obiettivo non è la risoluzione totale di tutti i problemi nello stesso momento, piuttosto si pensa a adottare una soluzione parziale che possa risolvere uno o due problemi e che possa essere adottata in tempi rapidissimi, pronta per essere affiancata da una nuova azione di miglioramento. Il processo non deve essere subito perfetto bensì la natura del cambiamento deve essere incrementale.

¹³ Masaaki Imai: economista giapponese e consulente sulla gestione della qualità, che nel 1985 ha fondato il "Kaizen Institute" per supportare le organizzazioni di tutto il mondo ad implementare la metodologia kaizen.

Questi piccoli cambiamenti devono essere il prodotto di un processo partecipativo, non imposto dall'alto ma proveniente dal coinvolgimento dell'intera forza lavoro.

3.6. OSSERVAZIONI SULL'INDICATORE DI QUALITÀ E CONSEQUENTE APPLICAZIONE DEI CONCETTI DELLA LEAN PRODUCTION

Siccome l'OEE totale calcolato per il reparto EVA è basso (non riportato per questioni aziendali), l'obiettivo è trovare le criticità che rallentano o complicano il processo.

Un indicatore notevolmente basso che è stato rilevato è quello della qualità. Per valutare accuratamente tale indicatore, non è sufficiente limitarsi a calcolare la qualità del reparto, ma è stato necessario anche prendere in considerazione gli scarti derivanti dall'operazione di rifilatura (che però vengono considerati distintamente)

Attraverso un foglio Excel, sono state riportate le paia controllate e scartate durante tutti i turni lavorativi dagli operatori della rifilatura. Con l'ausilio di una tabella pivot, si raggruppa per settimane le paia totali controllate e quelle scartate, trovando in percentuale gli articoli conformi che effettuano il controllo.

Da considerare anche che non tutti i pezzi realizzati nel reparto EVA vanno in rifilatura. Poche, ma comunque alcune soles, possono effettuare lavorazioni di carteggiatura da esterni oppure essere vendute direttamente al cliente (molto raramente). Di conseguenza non vengono conteggiate nel calcolo della qualità una volta uscite dalla fabbrica.

Siccome risulta complicato verificare gli scarti in seguito ai lavori di rifilatura per ogni prodotto, si può considerare l'indice di non qualità delle paia stampate e di rifilatura distintamente. Per il calcolo dell'indice di qualità della rifilatura sia ha:

PAIA CHE SONO STATE DICHIARATE CONFORMI NEL REPARTO RIFILATURA

PAIA PASSATE AL REPARTO RIFILATURA

Dopo aver convertito il risultato in percentuale, si sottrae 100 dal valore ottenuto per trovare la non qualità del reparto di rifilatura. Per ricavare un indicatore complessivo di qualità, questo valore viene sottratto dall'indicatore di qualità del reparto di stampaggio EVA. L'indicatore complessivo, rispetto a quanto ci si aspettava, è risultato troppo basso; quindi, abbiamo analizzato sul campo i controlli qualità eseguiti nel reparto e la movimentazione dell'oggetto. Facendo riferimento alla Lean Production, è stato possibile applicare le regole del ciclo Kaizen. La fase iniziale consiste nel recarsi fisicamente nel luogo, noto come "gemba", dove il problema si manifesta. In seguito, si osserva e si registra tutto ciò che succede.

È stato applicato lo "Spaghetti Diagram", utile nell'annotare gli spostamenti che effettua un articolo durante la sua fase di costruzione nel ciclo produttivo.

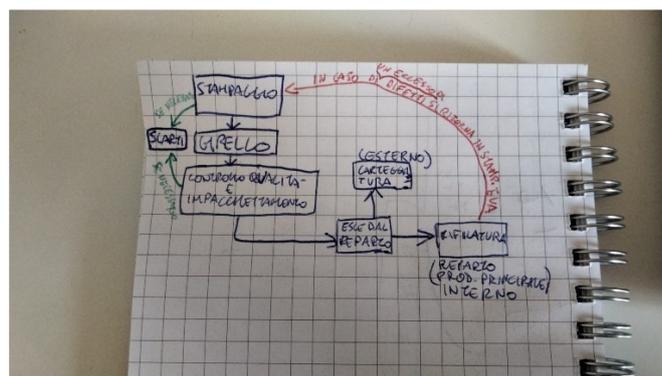


Figura 17: Spaghetti Diagram realizzato per studiare il caso

Per realizzarlo, è stato fondamentale osservare il processo e capire la movimentazione effettuata. Attualmente, lo stampista esegue un primo controllo qualità, ma poi viene passato a un addetto specifico per un ulteriore controllo.



Figura 18: girello

le soles vengono poggiate con la formella inserita dallo stampista sul "girello", poi questo viene girato quando le soles si sono raffreddate, e infine l'addetto al controllo qualità seleziona le soles idonee e le impacchetta. Quindi quest'ultimo ha il doppio compito di controllare l'articolo, e se conforme lo inserisce nel collo. Tutte le soles in EVA subiscono una seconda lavorazione che può essere la rifilatura o la carteggiatura (quest'ultima è affidata a un terzista).

Momentaneamente ci sono due figure che si occupano della qualità nel reparto EVA, dove uno opera la mattina e uno il pomeriggio, mentre durante la notte il capoturno svolge i loro compiti. Tuttavia, il primo controllo qualità serve per eliminare soles difettate che non risultano riparabili, mentre il secondo verifica che non vengano "erroneamente" considerati conformi articoli che non lo sono.

Secondo la metodologia lean, bisognerebbe studiare l'applicazione del "Poka-Yoke", cioè uno strumento infallibile per arrivare a zero controlli di qualità, ma in questo caso è inevitabile effettuare un controllo dei pezzi dopo il raffreddamento perché si è di fronte a trasformazioni termochimiche dovute al restringimento

della suola attorno alla formella. Ogni 4 ore, siccome potrebbe verificarsi un ritiro volumetrico maggiore del pezzo stampato, si effettua un controllo della dima sulle suole appena prodotte. Se le dimensioni fossero differenti rispetto a quelle della dima, questo potrebbe tradursi in un problema che abbia condizionato anche le precedenti stampe (infatti penso sia opportuno eseguire più frequentemente questo controllo perché spesso vengono mandate in rifilatura molte paia con misure diverse da quelle indicate). Inoltre, in certe situazioni non è impeccabile l'ultima supervisione nel reparto EVA, perché è capitato che a causa del numero, non trascurabile, di suole non conformi passate al reparto rifilatura, è stato necessario interrompere la produzione di alcuni articoli per realizzare quelli destinati a sostituire gli scarti.

Questo approccio comporta problematiche a livello organizzativo, perché si verificano perdite di tempo notevoli, poiché potrebbe essere necessario rimontare gli stampi, con un tempo stimato di circa 20 minuti, per produrre gli articoli mancanti. Inoltre, se indispensabile, bisognerebbe effettuare lo spurgo della macchina per inserire il materiale adatto alla realizzazione delle suole mancanti. Questo interromperà la produzione di un altro modello e ovviamente genererà complicanze nella pianificazione delle attività. Di conseguenza, si adotta una pratica di sovrapproduzione al fine di controbilanciare eventuali scarti, assicurando che il numero di articoli da spedire al cliente non sia inferiore rispetto a quanto concordato. Tuttavia, questo approccio non è efficiente, perché episodi di questo genere continuano a verificarsi, inoltre gli articoli prodotti in eccesso vengono spesso buttati o inviati e regalati al cliente.

4. UNA NUOVA CONCEZIONE DI PRODOTTO: PROTOTIPAZIONE E SVILUPPO DI SUOLE IN 3D



Figura 19: logo “D LAB”

Dal 2021 l'azienda DA.MI. ha allestito un laboratorio di ricerca sempre in aggiornamento rispetto alle tendenze della moda, cioè la "Creative House" appartenente a D LAB (brand del marchio DA.MI.), nella quale è presente un reparto 3D in grado di poter sviluppare nuove forme, modelli e soprattutto idee che permettono una nuova era di progettazione.

Bisogna distinguere tre fasi: progettazione, stampaggio e processi di rifinitura.

4.1. FASE DI PROGETTAZIONE

Il primo passaggio coinvolge il processo di progettazione, il quale può avvenire secondo due modalità distinte: o mediante l'invio di un modello 3D o 2D da parte del cliente, che verrà scannerizzato ed elaborato da parte dei progettisti. Quest'ultimi, in base alle specifiche richieste, valutano la tipologia di struttura e di materiale più idonei per assicurare flessibilità, durezza e peso desiderati dell'oggetto da realizzare. Un'altra mansione complementare dei designer è ottimizzare la struttura dell'articolo per ridurre il materiale non necessario (compreso il supporto).

In alcune circostanze, la focalizzazione della produzione potrebbe essere orientata verso la creazione di prototipi o campioni destinati a facilitare la scelta del cliente nella realizzazione di nuovi modelli.

In questo reparto non si realizzano solo fondi per calzature con lo stampaggio 3D, ma è possibile realizzare oggettistica varia (come ad esempio prodotti d'arredamento).



Figura 20: stampa 3D su tela



Figura 21: oggetti da arredamento realizzati con stampa 3D

I designer dell'azienda utilizzano più software al fine di sviluppare l'idea in un articolo finito. Il primo è Rhinoceros, in cui viene importato il progetto e viene eseguita una prima modellazione, successivamente una estensione di Rhinoceros (Grasshopper) viene usata per effettuare ulteriori modifiche.

In quest'ultimo si ha il vantaggio di eseguire una progettazione parametrizzata, quindi se volessimo cambiare un dettaglio, in molti casi non è necessario disegnare da capo l'oggetto, ma basterà variare un parametro in modo da eseguire la modifica automatica della geometria.

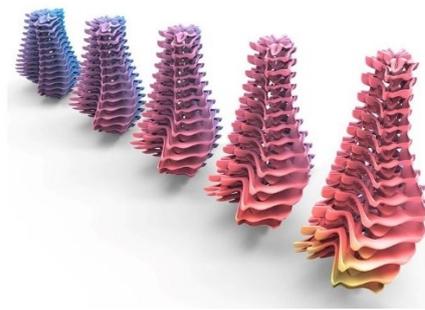


Figura 22: esempio di modifiche della geometria apportate a un oggetto che esegue trasformazioni parametriche

Di conseguenza si riescono a sviluppare rapidamente modelli 3D complessi e molto precisi.

Ntopology sarà un'ulteriore software utilizzato dall'azienda al fine di progettare soluzioni efficienti per strutture "3D Lattice Structures", come riportato nella Figura 23.



Figura 23: esempi di 3D Lattice Structures

Successivamente il file di modellazione viene convertito in formato .STL (Solid-to-layer) per effettuare il calcolo delle "slices", cioè degli strati di materiale necessari per effettuare il processo di additive manufacturing¹⁴.

¹⁴ Additive manufacturing: stampaggio 3D

Il file .STL rappresenta un solido la cui superficie è stata discretizzata in triangoli e contiene le coordinate X, Y e Z ripetute per ciascuno dei tre vertici di ciascun triangolo, con un vettore per descrivere l'orientazione della normale alla superficie.

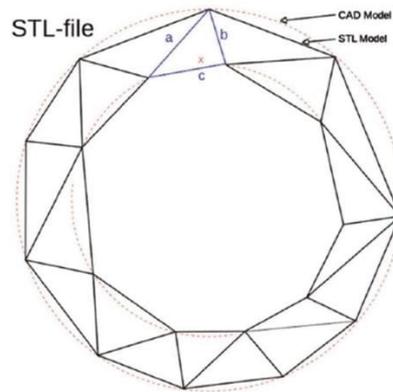


Figura 24: conversione in file STL

Dopo il completamento di questa fase, il file viene convertito nel formato compatibile con la macchina (varia a seconda dei diversi produttori), al fine di determinare il volume dell'oggetto o degli oggetti da produrre. Successivamente, il file viene trasferito a tale macchina, specificando lo slicing e il set up necessari da eseguire.

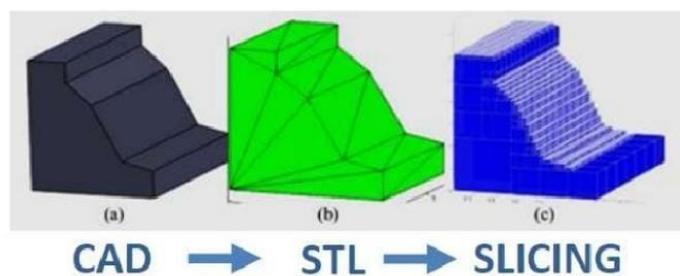


Figura 25: differenza di geometrie nei vari passaggi, fino ad arrivare allo slicing

L'immagine enfatizza il processo di slicing al fine di agevolare la comprensione del lettore riguardo tale procedura.

Molto importante è orientare il pezzo correttamente, in modo da ridurre il numero di sezioni da creare e di conseguenza il tempo di costruzione.

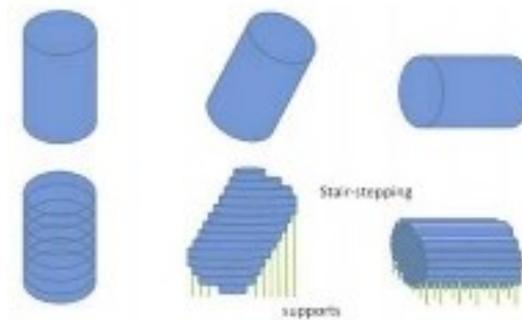


Figura 26: diverse sezioni per studiare lo stampaggio

4.2. STAMPAGGIO ARTICOLI ATTRAVERSO LA SINTERIZZAZIONE: MACCHINA E PROCESSO

il terzo step prevede la realizzazione del modello attraverso lo stampaggio 3D nelle apposite macchine.

La DA.MI dispone di due stampanti SLS (Selective Laser Sinteting) per realizzare pezzi in TPU, che viene caricato negli appositi sportelli (1). Attualmente, l'azienda opera con due varianti di materiali: TPU con Shore¹⁵ 90 e TPU con Shore 88. Tuttavia, in collaborazione con un fornitore che opera a livello internazionale, è in corso una ricerca per sviluppare una nuova variante di TPU con Shore inferiore (l'obiettivo è arrivare a shore 70).

¹⁵ Shore: durezza del materiale. In questo caso si fa riferimento a parametri di durezza internazionali utilizzati nel settore calzaturiero

Prima di iniziare la stampa, la macchina aumenta la temperatura gradualmente al suo interno al fine di evitare lo shock termico del materiale, che portano ad evidenti difetti sul prodotto finito. Raggiunta la temperatura ottimale (differente per ogni tipologia di materiale) si prosegue con la fase successiva, dove nella camera di stampaggio (2), la macchina disporrà il materiale a letto di polvere su un piattello mobile, così da permettere la sinterizzazione¹⁶ da parte di un laser. Dopo aver eseguito la sinterizzazione del primo strato, nuovamente la stampante depositerà un secondo strato di polvere (sempre TPU in granelli molto fini) sopra a quello precedente e si procede come prima. Ciò si ripete per tutti gli strati che verranno a seguire. Il materiale non sinterizzato funge da supporto.

Si procede all'attesa del raffreddamento del pezzo (o dei pezzi), il quale intervallo temporale è comunemente predeterminato dalla macchina e tendenzialmente correlato al tempo di stampaggio. Durante questa operazione, all'interno della camera di stampaggio viene rilasciato azoto gassoso, per evitare l'ingiallimento dell'articolo realizzato. In seguito, si effettua la discesa del piattello mobile al fine di consentire il deposito del materiale utilizzato all'interno di un contenitore in materiale metallico(3). All'interno di quest'ultimo, sarà presente sia la polvere non sinterizzata che l'oggetto/i realizzato/i.

¹⁶ Sinterizzazione: processo in cui attraverso un laser si fonde una polvere (in questo caso TPU) e permette attraverso la conseguente solidificazione, di formare il reticolo. Durante questo processo, il calore fornito eccita gli atomi e le molecole, facendo passare la polvere allo stato liquido. Successivamente, durante la solidificazione, si formano i legami tra gli atomi e le molecole.



Figura 27: Immagine illustrativa del laser che colpisce la polvere



Figura 28: stampante 3D

Successivamente il seguente contenitore viene preso e trasportato con un carrello elevatore fino alla setacciatrice. Al suo interno sarà presente un braccio meccanico che permette di sollevare il piattello contenuto all'interno del contenitore metallico e poi un operatore attraverso un inserto trascina manualmente il materiale all'interno del setaccio. Per effettuare questa operazione bisogna munirsi di camicie, maschera respiratoria e occhiali protettivi, al fine di non contaminarsi con le polveri volatili. Da questa procedura, mentre si rimuovono le polveri non sinterizzate, si estrae l'articolo realizzato (o gli articoli realizzati)



Figura 29: setacciatrice

Le polveri setacciate vengono riutilizzate, perché usualmente nelle macchine di stampaggio (a polveri) si utilizza una percentuale compresa tra il 10 e il 20% di materiale recuperato e la restante parte sarà composta da TPU vergine

(conservato in specifici contenitori che li protegge da umidità e dal calore), ma in base alle lavorazioni da eseguire si stabiliscono le varie percentuali.

Questi materiali vengono introdotti in un miscelatore che permette di mantenere l'umidità tra il 40% e il 50% (spesso al 45%) e la temperatura intorno ai 20/22 gradi centigradi.



Figura 30: caso specifico per una determinata mescola

4.3.PROCESSI DI FINITURA PER ARTICOLI IN TPU

Tutti gli oggetti stampati in TPU effettuano la sabbiatura, che consente di eliminare le polveri in eccesso (soprattutto all'interno delle lattice structure) attraverso del materiale abrasivo che va ad erodere la superficie dell'articolo lavorato.

Si distingue la sabbiatura manuale da quella automatica.

- Nella sabbiatura manuale si procede attraverso una macchina protetta, in cui l'operatore inserisce le mani nei guanti integrati nella macchina e attraverso una pistola pneumatica, emette aria compressa miscelata con una particolare sabbia di colore bianco; esso effettua il processo regolando l'intensità e decidendo dove intervenire.



Figura 31: sabbiatrice manuale in funzione

- Mentre nel processo automatico tutti gli oggetti inseriti percorrono lo stesso trattamento all'interno di un cestello rotante contenente dei particolari sassi. (meno preciso rispetto al primo).



Figura 32: sabbiatrice automatica

In seguito alla sabbiatura, l'oggetto può essere inserito in una lucidatrice a vapore, dove una soluzione di acqua e acetone viene riscaldata ad alte temperature così da permettere la sua evaporazione completando la lucidatura.



Figura 33: lucidatrice

Questa operazione è molto delicata poiché avviene un processo di assottigliamento del materiale dato che si scioglie a causa dell'elevate temperature. Ciò può causare deformazioni che compromettono l'utilizzo dell'articolo, facilitando la sua rottura.

Come evidenziato nella figura 34, si osserva che la ciabatta situata a sinistra ha subito un processo di lucidatura eccessivamente aggressivo, risultante in difetti strutturali significativi. Le elevate temperature generatesi hanno causato la fusione del materiale, determinando l'unione di alcune parti e l'assottigliamento eccessivo della struttura in altre zone a causa del materiale fuso. L'articolo al centro, nonostante la lucidatura, ha conservato in modo soddisfacente la sua integrità strutturale, che però in alcuni punti risulta troppo fine. L'articolo sulla destra, invece, non è stato sottoposto ad alcun trattamento di lucidatura.



Figura 34: differenza tra i diversi trattamenti di lucidatura

Per la colorazione dei pezzi realizzati, si applica una macchina ad immersione contenente acqua distillata e una piccola quantità di colorante, che può essere aumentata in base al livello d'intensità del colore in modo da penetrare per diversi millimetri all'interno del materiale.

La vasca presenta tre diverse modalità di riempimento (S, M, L) e, a seconda del livello scelto, viene selezionata una cartuccia della dimensione adeguata che contiene il colorante appropriato.

Questo metodo di verniciatura consente esclusivamente applicazioni monocolori.



Figura 35: a sinistra è presente il macchinario destinato a produrre acqua distillata, sulla destra è presente la macchina destinata alla verniciatura.

4.4. STAMPAGGIO A RESINA

Nel 2023 è stata acquistata da parte dell'azienda una nuova stampante capace di realizzare articoli in resina.



Figura 36: stampante a resina

La nuova macchina utilizza la tecnologia "polyJet" (chiamata anche Material Jetting,) che permette di fornire maggior durezza (ma minore flessibilità) rispetto a oggetti realizzati in TPU, inoltre permette lo stampaggio direttamente con resina colorata, quindi evitando di ricorrere alla verniciatura dell'articolo. Altra particolarità a vantaggio di questa macchina, è la possibilità di stampare direttamente su una vasta gamma di tessuti (come nella figura 20 a pagina 54). Con questa macchina si riesce ad ottenere oggetti ad altissima risoluzione ma implica un altrettanto costo per la produzione degli articoli. La macchina è dotata di otto scomparti distinti, ognuno contenente una variante di resina con differente colorazione, mentre uno degli scomparti è dedicato al materiale idrosolubile che funge da supporto.

Il Material Jetting, consiste nel depositare sui canali di trasformazione attivi, goccioline di un polimero termoindurente attraverso centinaia di minuscoli ugelli presenti nella testa di stampa. Questo viene eseguito strato per strato, infatti la testina si muove ripetutamente avanti e indietro sul canale di trasformazione

depositando linearmente e in modo rapido la resina su ogni strato. Il polimero, attraverso un laser presente alla fine della testa di stampa, viene solidificato.



Figura 37: percorso testa di stampaggio

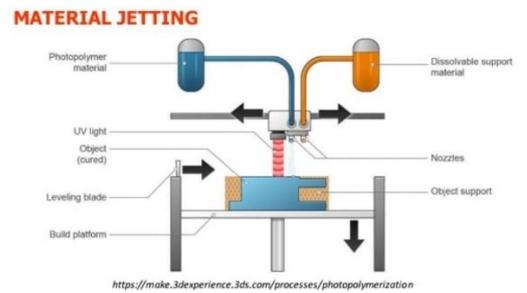


Figura 38: processo di stampaggio

Il materiale di supporto viene successivamente rimosso tramite l'applicazione di acqua sotto pressione esercitata da una piccola idropulitrice.

Durante questa operazione bisogna stare attenti a non rovinare l'oggetto lavorato a causa dell'alta pressione esercitata dall'acqua



Figura 39: articolo danneggiato



Figura 40: idropulitrice

CONCLUSIONI

Al termine delle osservazioni fatte, identificate le cause principali che generano l'abbassamento dell'OEE aziendale, si prenderanno delle contromisure e si standardizzano le soluzioni trovate per evitare il ripetersi dei problemi (logica del ciclo kaizen).

La sovrapproduzione può essere inevitabile in caso di difetti causati dalla macchina, perché si parla di un problema tecnico e non organizzativo, ma è possibile ridurre l'eccesso di articoli stampati se il controllo qualità viene eseguito correttamente dopo il processo di stampaggio.

Le soluzioni proposte per risolvere la situazione analizzata sono le seguenti:

- Formare in modo corretto le figure che eseguono il controllo qualità prima che i pezzi vengano mandati al reparto rifilatura. Questo perché finito lo stampaggio dei pezzi richiesti, si determinerà immediatamente in base agli scarti, quanti articoli realizzare in più per coprire gli oggetti non conformi. Un approccio così riduce la necessità di rimontare gli stampi e/o cambiare il materiale sulla macchina per realizzare gli oggetti mancanti a causa delle eccessive sovrapproduzioni non definite conformi al reparto rifilatura (oltre che ad evitare di fermare la produzione di un altro articolo).
- Aggiungere personale al reparto di rifilatura, perché analizzando i punti fondamentali della Lean Production, si può notare come le code possono portare a lunghe attese per effettuare l'ultimo controllo/riparazione degli oggetti da spedire. Incrementare la capacità di controllo ridurrebbe i tempi di attesa e aumenterebbe la velocità di consegna, evitando così una produzione anticipata, eccessivamente precoce, dell'ordine richiesto dal cliente. Oltre ciò, contribuirebbe a ridurre l'accumulo di merce. Però, prima di prendere questa decisione, bisogna valutare attraverso una previsione

a lungo periodo se effettivamente conviene assumere più personale, oppure è meglio affidarsi a terzisti per le operazioni di rifilatura nei periodi di elevata produzione (come già avviene momentaneamente). Al crescere dei periodi di capacità produttiva satura nel reparto EVA, aumenta la convenienza nell'assumere personale all'interno dell'azienda.

- Per limitare la sovrapproduzione, si consiglia di utilizzare i dati estratti dall'indicatore di qualità al fine di determinare la quantità ottimale di unità "fuori produzione" da produrre, per compensare le perdite dovute ai difetti di fabbricazione. Questo approccio mira a prevenire la produzione eccessiva, il che comporterebbe un impiego eccessivo di tempo per la produzione di un articolo specifico, con conseguente riduzione della capacità produttiva complessiva del reparto. Inoltre, tale pratica consente di evitare lo spreco di risorse nella produzione di pezzi destinati a non essere utilizzati. La qualità verrà calcolata per ogni modello e taglia degli articoli prodotti come campioni, poiché dopo la loro produzione, se vengono soddisfatte le esigenze del cliente, si passa alla produzione in serie (ovviamente bisogna fare alcune considerazioni quando si passa da campione a serie). In azienda al termine di ciascun turno lavorativo, ogni stampista consegna la scheda di produzione a una addetta che carica le informazioni di tale documento sul software gestionale, successivamente si possono estrarre i dati su Excel, in modo da tenere traccia delle paia prodotte, la tipologia di modello, gli scarti, il cartellino, la taglia e altre informazioni. Dato che questa procedura già si effettua, si può aggiornare automaticamente la qualità degli articoli prodotti attraverso un foglio di calcolo. Il file sarà condiviso, così sia chi carica i dati e chi effettua la pianificazione della produzione, ha a disposizione una media degli scarti per ogni "modello-taglia" realizzato, in qualsiasi istante.

Articolo	qualità media per articolo
SABINAWME40	88,94
THEAGUWME41	76,18
E5037_WME34	65,17
HIMONAWME5	96,05

Figura 41: esempi di qualità per articolo

L'unica accortezza è realizzare solo qualche paio in più poiché potrebbero esserci maggiori scarti rispetto alla media, ma questo sarà deciso in base alla complessità dell'articolo da fabbricare. Questa può risultare un'ottima strategia, ma ovviamente la migliore soluzione per limitare la sovrapproduzione è risolvere i problemi tecnici delle macchine che stampano le soles in EVA; Tuttavia, risolverli non è sempre una procedura semplice.

BIBLIOGRAFIA

- Massimo Callegari, Appunti di Meccanica delle Macchine sulla Robotica, 2019/2020
- Alberto Canepari, ottobre 2004, SISTEMI & IMPRESA N.8, Edizioni Este, Milano, pp. 59-63
- Alberto Canepari, settembre 2004, SISTEMI & IMPRESA N.7, Edizioni Este, Milano, pp 67-76
- JMA, JMAC, JMAC Europe, Total Productivity Management, Franco Angeli, 1998.
- Koudate, Samaritani, Eco-Eco Management FrancoAngeli, 2004.
- Sciuccati, Tanaka, Riprogettare il sistema di produzione, Il Sole 24 Ore Libri, 1994.
- Alessio Vita, Introduzione al Corso di Programmazione e Controllo della Produzione, 2023
- Alessio Vita, Programmazione Aggregata, 2022
- F. Gabrielli, Appunti di Programmazione e Controllo della Produzione, Pitagora Editrice, Bologna, 2006
- <https://chat.openai.com/auth/login?sso>
- <https://dami.it/d-lab/>
- <https://www.techartshoes.it/la-suola-un-componente-tecnico-che-sa-fare-moda/>
- Prof.ssa Michela Simoncini, Appunti di Tecnologie e Sistemi di Lavorazione sull'Additive Manufacturing, 2022/2023
- Prof.ssa Michela Simoncini, Appunti di Tecnologie e Sistemi di Lavorazione sulle tecnologie additive dei materiali polimerici e compositi, 2022/2023
- [https://it.wikipedia.org/wiki/Collo_\(logistica\)#:~:text=Il%20collo%2C%20nel%20campo%20della,di%20uno%20o%20pi%C3%B9%20articoli.](https://it.wikipedia.org/wiki/Collo_(logistica)#:~:text=Il%20collo%2C%20nel%20campo%20della,di%20uno%20o%20pi%C3%B9%20articoli.)

- <https://it.wikipedia.org/wiki/Materozza>
- <https://www.sixsigmaperformance.it/muda.html#1%20Attese>
- <https://www.almalaboris.com/organismo/blog-lavoro-alma-laboris/62-sistemi-di-gestione-integrati/2188-audit-aziendale-audit-interno-definizione-esempi.html>
- <https://3dprinting.com/tips-tricks/3d-printed-lattice-structures>
- Prof.ssa Sara Antomarioni, Appunti sulla Lean Production, 2022/2023
- J. P. Womack, D. T. Jones e D. Ross, "La macchina che ha cambiato il mondo", Biblioteca Universale Rizzoli, Milano 1993

Ci tengo a ringraziare l'azienda DA.MI. S.r.l. per l'ospitalità mostrata nei miei confronti e allo staff che è stato sempre a disposizione. Grazie soprattutto a Stefano Berdini, Stefano Orrù e Alessia della reception per essere stati sempre presenti nel lavoro svolto.