



**UNIVERSITÀ POLITECNICA DELLE MARCHE
FACOLTÀ DI INGEGNERIA**

Corso di laurea triennale in Ingegneria Gestionale

*Ottimizzazione dell'efficienza operativa in un reparto di
stampaggio di un suolificio: analisi dei fattori che concorrono
al miglioramento della produttività*

Relatore:

Chiar.mo Prof. Alessio Vita

Correlatore:

Ing. Carmine Dazj

Tesi di laurea di:

Chiara Ubaldi

Anno accademico 2025/2026

INDICE

PREMESSA

CAPITOLO I: IL SUOLIFICIO DA.MI.

- 1.1 Introduzione dell'azienda**
- 1.2 Storia dell'azienda**
- 1.3 Descrizione delle certificazioni e degli obiettivi**
- 1.4 Illustrazione dei reparti produttivi**

CAPITOLO II: IL TR E IL CICLO DI STAMPAGGIO

- 2.1 Gomma termoplastica (TR)**
- 2.2 Esposizione del processo di stampaggio delle suole in TR**

CAPITOLO III: ESPOSIZIONE DEI FATTORI CON POTENZIALITA' DI MIGLIORAMENTO ALL'INTERNO DEL PROCESSO PRODUTTIVO

- 3.1 Modalità di disposizione degli stampi in magazzino**
- 3.2 Manutenzione degli stampi**
- 3.3 Scarto tra tempo teorico e tempo effettivo di lavorazione**
- 3.4 Conteggio di scarti e sfridi**

CAPITOLO IV: IL SEQUENZIAMENTO E GLI EFFETTI SULLO STAMPAGGIO DELLE SUOLE

4.1 Il sequenziamento dei cartellini

4.2 Il sequenziamento in letteratura

4.3 Proposte per il miglioramento del sequenziamento nell'azienda Da.Mi.

CAPITOLO V: CONCLUSIONI

BIBLIOGRAFIA.....

SITOGRAFIA.....

PREMESSA

Il presente elaborato è stato realizzato a seguito del tirocinio svolto presso l'azienda Da.Mi.

Il lavoro si pone come scopo quello di identificare ed analizzare i fattori che riducono l'efficienza nella fase di produzione e di stampaggio campioni nel reparto produttivo TR (Gomma Termoplastica) dell'azienda Da.Mi Srl, situata a Sant'Elpidio A Mare.

Si descrivono gli elementi che comportano un consumo eccedente di materiale in termini di scarti e sfridi e che concorrono ad un aumento dei tempi di processo. Viene conferita un'attenzione specifica al tema del sequenziamento.

Dal lavoro è possibile cogliere l'impatto che i singoli elementi che compongono il ciclo di lavorazione hanno sullo stesso. Vengono inoltre proposti suggerimenti volti all'ottimizzazione del processo produttivo.

L'elaborato è suddiviso in quattro capitoli.

Il primo presenta il suolificio presso cui è stata svolta l'osservazione del processo di stampaggio, raccontandone la nascita, gli obiettivi dell'azienda e la suddivisione in reparti produttivi.

Il secondo capitolo è basilare per comprendere tutti gli elementi che concorrono allo stampaggio, descrive il materiale utilizzato per la creazione delle suole e la procedura operativa che queste subiscono.

Successivamente, nel terzo capitolo, vengono trattati tutti i fattori che incidono sul ciclo produttivo limitandone l'efficienza. Per ciascuno di essi viene, in seguito, ipotizzata una proposta di miglioramento.

L'ultimo capitolo è dedicato al tema del sequenziamento. L'argomento viene descritto sul piano generale e, seguentemente, sono illustrate le conseguenze sullo stampaggio delle suole dettate da un sequenziamento non ottimizzato. Sono quindi delineati alcuni accorgimenti che la Da.Mi. potrebbe accogliere per perfezionare l'efficienza produttiva.

CAPITOLO I

IL SUOLIFICIO DA.MI

1.1 Introduzione dell'azienda

Il suolificio Da.Mi. S.r.l., situato a Sant' Elpidio, consta in un'attività di produzione di fondi per calzature con design personalizzato e ad alta tecnologia. L'azienda, fondata nel 1968, è ad oggi una piccola-media impresa, nonché uno dei principali produttori di soles del territorio, con un mercato che si espande oltreoceano e un fatturato che si aggira intorno ai 17 milioni/anno.

Con un team composto da 60 dipendenti, Da.Mi rappresenta una realtà imprenditoriale dinamica, guidata da una leadership femminile.

L'immagine 1 mostra l'iconico logo del suolificio.



Immagine 1

L'azienda opera esclusivamente nel canale business-to-business (B2B), rivolgendosi ad una clientela diversificata che comprende sia realtà artigianali che grandi marchi internazionali.

La strategia produttiva adottata è il Make To Order (MTO); tale modello struttura l'intera produzione basandosi sugli ordini dei clienti, garantendo la possibilità di

realizzare suole ad altissima personalizzazione. In aggiunta, l'azienda presenta un'alta flessibilità, adattandosi perfettamente alle tendenze di mercato, senza il rischio di produzione di eccedenze.

I reparti produttivi principali fanno riferimento ai materiali di produzione utilizzati negli stessi:

- reparto EVA (Etilene Vinil Acetato)
- reparto TR (Gomma Termoplastica)
- reparto TPU (Poliuretano Termoplastico)

A questi si aggiungono il reparto 3D, di nascita recente, e il reparto E-TPU che è attualmente in via di sviluppo.

L'azienda si affida a terzisti sia per operazioni di finitura delle suole in EVA e TPU, sia per lo stampaggio di suole in TR e TPU.

1.2 Storia dell'azienda



Immagine 2

Nel 1968 Alberto Catalini ed Ennio Pieragostini fondano la Da.Mi. a Sant'Elpidio A Mare. L'immagine 2 mostra la facciata della struttura attuale.

L'azienda nasce come una realtà familiare, specializzata nella produzione di fondi in cuoio per le calzature da bambino. Alla fine degli anni settanta, a seguito

di un'evoluzione tecnica, vengono introdotti in produzione i materiali termoplastici. Il suolificio conquista nuovi mercati, prima a livello nazionale e successivamente internazionale.

Nel 2012 nasce la linea DEGAM, dedicata alla produzione di fondi in TPU e TR per calzature da uomo e da donna, e la linea D-LAB, focalizzata sulla lavorazione delle suole in EVA. Grazie alla continua ricerca di innovazione e sviluppo, il suolificio cresce, creando il reparto di stampa 3D, che consente lo sviluppo rapido di prototipi. A fine 2019 Da.Mi estende la propria capacità produttiva aprendo una sede in Serbia, con l'obiettivo di migliorare il servizio per i clienti extra-UE e rafforzare la propria presenza internazionale. Al termine del 2022 l'azienda diventa una Società Benefit.

Dal 2023 la famiglia Pieragostini acquisisce piena proprietà del suolificio.

Ad oggi la Da.Mi., grazie ad un reparto di Ricerca & Sviluppo in costante evoluzione, rappresenta un modello di business che unisce profitto, benessere per le persone e rispetto per l'ambiente.

1.3 Descrizione degli obiettivi e delle certificazioni

L'impresa, data anche la sua natura di Società Benefit, è particolarmente sensibile a temi sociali e ambientali. Perfezionando la propria Policy di Sostenibilità, l'azienda ha ribadito il proprio impegno ad adottare pratiche e comportamenti ecosostenibili.

Nel 2024 è stato formalizzato il progetto "Agenda 2030", costituito sulla base dei 17 obiettivi di Sviluppo Sostenibile (SDG, Sustainable Development Goals) promossi dalle Nazioni Unite. L'azienda ha adottato due documenti metodologici di rilevanza internazionale, quali il SDG Compass e il manuale *Integrating the*

SDGs into Corporate Reporting: A Practical Guide, a cura della *Global Reporting Initiative* e dell'*UN Global Compact* (2018). Tali strumenti hanno permesso di individuare gli obiettivi da inserire nell'Agenda 2030 che più si confacessero con l'etica della società.



Immagine 3

Nell'immagine 3 viene mostrata la tabella di raccordo SDGS, ovvero l'insieme delle finalità specifiche per la conduzione etica del business aziendale.

La Finalità 1, ovvero quella di sostenere la revisione dei processi produttivi in ottica di sostenibilità ambientale, viene inseguita dall'azienda tramite la messa a punto nel ciclo produttivo di nuovi materiali e pratiche rispondenti ai principi della sostenibilità ambientale, come risparmio, riduzione degli sprechi, impiego di materiali riciclati ed efficientamento energetico.

Accanto all'utilizzo di materiali come EVA, TPU e TR, il suolificio ha adottato materiali ecosostenibili quali:

- NATURE BIO-BASED: materiale biodegradabile in 60 giorni, contenente il 30% di oli vegetali
- LIQUID WOOD PER TPU: bio-based al 75%, realizzato con olio di oliva
- EVA E TR BIO – BLOOM: composti con microalghe (15–30%) che contribuiscono al ripristino di acqua e aria pulita, con tracciabilità dell'impatto ambientale
- MATERIALE DA CANNA DA ZUCCHERO PER EVA: prodotto con resine da mais (50–69%) e accompagnato da certificazione ambientale
- GRS / RE SOLE: materiali da riuso industriale in TR e TPU, riciclati tra il 70% e il 100%, con certificazione su ogni lotto
- RECYCLED EVA: realizzato da scarti di calzature riciclate, tra il 20% e il 30%, con certificazione Global Recycled Standard (GRS)

La Finalità 2 consiste nell'adozione di pratiche rispettose degli equilibri socio-ambientali nell'industria della Moda e viene realizzata attraverso la collaborazione tra imprese, ricercando il confronto.

Per quanto concerne la Finalità 3, ovvero sostenere la crescita professionale e il benessere delle persone, l'azienda si focalizza sulla costruzione di un ambiente di lavoro accogliente, adottando politiche di welfare personalizzate per i singoli dipendenti e garantendo la parità di genere.

Con il fine di raggiungere la Finalità 4, dunque sostenere la vita delle comunità locali, la Da.Mi prende parte a vari progetti ad impatto sociale, ambientale e culturale, indirizzati in modo particolare alle generazioni più giovani.

A testimonianza dell'impegno del suolificio in temi sociali ed ambientali, l'azienda vanta un insieme di importanti certificazioni rilasciate da enti terzi e riconosciuti a livello ufficiale:

- UNI ISO 14001- Sistema di gestione ambientale, rilasciata dall'ente BUREAU VERITAS. La certificazione dimostra l'impegno dell'azienda per ridurre l'impatto ambientale, assicurando che la produzione avvenga nell'ottica di riduzione dell'impatto ambientale e dell'energia consumata.
- UNI ISO 45001- Sistemi di gestione per la salute e la sicurezza sul lavoro, rilasciata dall'ente BUREAU VERITAS. La certificazione fa riferimento ad una norma internazionale che offre alle aziende un modello con il quale costruire procedure e controlli per la gestione della sicurezza e della salute sul lavoro. Molti sono i vantaggi forniti dalla certificazione, tra cui: riduzione di incidenti sul lavoro, riduzione dell'assenteismo e capacità di soddisfare gli obblighi legali e legislativi dell'organizzazione.
- UNI ISO 9001- Sistema di gestione della qualità, rilasciata dall'ente BUREAU VERITAS. La certificazione è uno standard internazionale relativo alla gestione della qualità. La norma definisce dei requisiti minimi che l'azienda deve rispettare per garantire il livello di qualità di servizi e prodotti.
- UNI ISO 56002- Sistema di gestione dell'innovazione, rilasciata dall'ente APAVE. La certificazione fornisce linee guida per istituzione, attuazione, mantenimento e miglioramento del sistema di gestione dell'innovazione. Le innovazioni possono essere sia di tipo incrementale che radicale e possono riguardare prodotti, servizi, metodi e modelli.
- UNI PdR 125- Parità di genere, rilasciata dall'ente BUREAU VERITAS. La certificazione prevede la strutturazione e l'adozione di indicatori

prestazionali (KPF) inerenti alle politiche di parità di genere nelle organizzazioni.

- Global Recycled Standard (GRS), rilasciata dall'ente ICEA. La certificazione dichiara che l'azienda utilizza materiali da riciclo nei suoi prodotti, sia intermedi che finiti. Attua restrizioni nell'uso di prodotti chimici nel rispetto di criteri ambientali. Raccolta dei rifiuti, cernita, selezione e raggruppamento sono fasi che non rientrano nella suddetta norma.
- UNI ISO 14064-1- Carbon footprint di organizzazione, rilasciata dall'ente BUREAU VERITAS. La certificazione si basa su una famiglia di norme specifiche per quantificazione, rendicontazione, riduzione e verifica dei gas a effetto serra (GHG – Greenhouse Gases) emessi dall'azienda. I gas in questione sono: anidride carbonica (CO₂), metano (CH₄), protossido di azoto (N₂O), idrofluorocarburi (HFC), perfluorocarburi (PFC) ed esafluoruro di zolfo (SF₆).
- UNI ISO 140667- Carbon footprint di prodotto, rilasciata dall'ente BUREAU VERITAS
- ZDHC Livello 2-Progressive, rilasciata dall'ente ZDHC. La certificazione attesta l'implementazione ed il miglioramento continuo nel sistema produttivo in termini di riduzione delle sostanze chimiche. Nel caso del suolificio Da.Mi, la certificazione di livello 2 attesta anche un ottimo impatto ambientale del prodotto lungo tutto il suo ciclo di vita.
- UNI ISO 26000. La certificazione fa riferimento ad un complesso di norme che definiscono le linee guida per la responsabilità sociale delle organizzazioni pubbliche o private. In particolare pone attenzione su temi quali: ambiente, diritti umani, rapporti e condizioni di lavoro, corrette prassi gestionali, aspetti specifici relativi ai consumatori e coinvolgimento e sviluppo della comunità.

1.4 Illustrazione dei reparti produttivi

Come anticipato nel paragrafo 1.1, l'azienda si compone di più reparti di stampaggio.

Il reparto EVA (Etilene Vinil Acetato) prende il nome dal polimero utilizzato nella produzione delle suole. Questo materiale subisce una lavorazione chimica, tramite stampaggio ad iniezione o compressione. Si presenta inizialmente sottoforma di granelli plastici che vengono uniti ad agenti espandenti e ad additivi. Sono iniettati negli stampi ad alta temperatura e, una volta che il macchinario restituisce la suola, l'operatore ha il compito di inserirvi una formella in legno. Questo elemento impedisce alla suola di restringersi nella fase di raffreddamento che avviene nella cosiddetta "giostra di raffreddamento". In seguito, l'addetto allo stampaggio provvede a scartare le suole che già all'uscita della pressa risultano non conformi, sia a causa di difetti evidenti, sia nell'eventualità in cui, misurate con la dima, presentino lunghezze differenti da quella del modello. L'EVA conferisce alla suola caratteristiche funzionali come ammortizzazione, flessibilità e basso peso specifico.

Il reparto TPU si occupa della produzione di suole in poliuretano termoplastico, un materiale impermeabile, elastico e resistente agli oli e all'abrasione. È un materiale fortemente versatile, motivo per cui viene utilizzato per tutti i tipi di suole per calzature ma anche per la produzione di tubi, guarnizioni, cavi, fili ed abbigliamento tecnico. Rappresenta uno dei materiali più performanti per quanto riguarda la produzione di suole per calzature, consentendo di realizzare prodotti con qualità fisiche ed estetiche di assoluto rilievo. Il TPU si presenta sottoforma di piccole sfere plastiche trasparenti. Queste, attraverso l'aggiunta di master,

possono assumere qualsiasi tipo di colorazione; nella miscela vengono inseriti agenti chimici che possono influire su alcune caratteristiche della suola come durezza, flessibilità, grip e colore opaco o lucido.

Per colorare il prodotto si utilizza il master. Il fornitore del colorante specifica per ogni colore la quantità in percentuale che deve essere presente nella miscela. Il capo reparto, creando la miscela, valuta se seguire o meno le indicazioni del fornitore, in base alle richieste del cliente. Viene spesso inserita una minima percentuale di anti-uv nella miscela per favorire un ingiallimento ritardato che è però inevitabile. Per la produzione di scarpe antinfortunistiche inoltre, viene immesso un antistatico.

Le miscele si creano in sezioni di 50-70kg che poi vengono essiccate così da privarle dell'umidità. Questo passaggio risulta essere necessario poiché altrimenti al momento della fusione il materiale si brucerebbe, non riuscendo a sopportare le temperature di processo che possono toccare picchi di 170-195 C. Le macchine di TPU non sono dotate di sensori interni che rilevano la presenza del prodotto, è l'operatore, volta per volta, a decidere il grammaggio da immettere nello stampo. Lo stesso operatore dovrà poi valutare velocità, pressione e contropressione per miscelare correttamente il colore.

Nella macchina per il TPU l'addetto allo stampaggio deve settare un tempo di carica e un tempo di raffreddamento. I tempi sono diversificati sulla base di vari fattori: miscela, materiale usato e numerata della suola.

Gli stampi risultano tiepidi al termine della produzione di ogni singolo articolo e vengono raffreddati con un sistema ad acqua.

Gli scarti e gli sfridi possono essere recuperati rimacinando e fondendo il materiale.

Il reparto 3D è quello di nascita più recente. Il vantaggio di questa modalità produttiva risiede nella possibilità di produrre in tempi brevi ed a basso costo prototipi iniziali, forme differenti, materiali con durezza e flessibilità differente, con un design unico che si adatta perfettamente alle richieste del cliente. Il reparto si occupa principalmente della creazione di modelli e prototipi. La produzione e la modifica di suole avvengono attraverso differenti tecniche:

- Produzione di oggetti in 3D realizzati con macchine da stampa 3D con tecnologia SLS (Selective Laser Sintering);
- colorazione di oggetti 3D con tecnologia DYEING o lisciatura chimica con tecnologia vapor smoothing;
- stampa 3D su materiali vari (tessuti, materiali plastici, pellami, ecc.) con tecnologia POLIJET;
- stampa in 3D di oggetti realizzati con tecnologia DLP e SLA attualmente gestiti con supporto di terzisti.

Il reparto TR (Gomma Termoplastica - *Thermoplastic Rubber*) è quello di più antica formazione. Essendo oggetto di studio dell'elaborato, verrà trattato con completezza nel capitolo che segue

CAPITOLO II

IL TR E IL CICLO DI STAMPAGGIO

Il seguente capitolo è finalizzato alla descrizione delle caratteristiche del TR e delle fasi del processo produttivo delle suole nel reparto. Tali informazioni risultano fondamentali per una piena comprensione degli argomenti trattati nei capitoli successivi.

2.1 TR- Gomma Termoplastica

Il TR (*Thermoplastic Rubber*) è un polimero SBS (Stirene-Butadiene-Stirene) noto per la sua leggerezza, elasticità e resistenza alle basse temperature. A differenza del TPU è molto meno costoso, è più morbido e gommoso e ha minore resistenza all'usura e agli agenti chimici. Risulta dunque più adatto alla produzione di suole leggere e casual.

Il TR si presenta sottoforma di piccole sfere plastiche di un colore già definito. Prima della fase di stampaggio, l'operatore può aggiungere nella miscela particolari agenti chimici che modificano le caratteristiche del materiale in termini di abrasione, durezza, elasticità e flessione. Oltre al TR standard, nei primi anni 2000 è stato introdotto il TR LIGHT, caratterizzato da un peso specifico ridotto del 30%.

Le suole possono adattarsi alle richieste del cliente non solo per quanto concerne caratteristiche qualitative quali durezza e flessibilità ma anche per la presenza di uno o più colori (suole monocolori, bicolori o tricolori), di un inserto o di un cordolo.

2.2 Esposizione del processo di stampaggio delle suole in TR

Il processo produttivo delle suole in TR comprende le seguenti fasi:

- prelievo e preparazione dei materiali
- stampaggio delle suole
- lavorazioni di finitura (non necessariamente presente su tutti gli articoli)

La fase del prelievo è gestita dall'addetto al magazzino, il quale provvede a selezionare nel magazzino i materiali necessari alla produzione del gruppo di ordini di lavoro assegnato alle diverse macchine seguendo il modulo predisposto dal capo reparto. Analogamente, il responsabile di reparto si accerta che gli operatori prelevino gli stampi necessari alla produzione dei JOB. Gli stampi possono essere stoccati nel magazzino verticale o nelle scaffalature a bordo macchina. Sono in alluminio, con un peso che va dai 40 ai 70 kg, in base al modello dell'articolo e della numerata. Vengono trasportati tramite carrelli industriali.

Il responsabile di reparto provvede alla distribuzione e all'assegnazione degli ordini di lavoro a tutti gli operatori, divisi per ciascun turno. Ogni addetto si occupa di seguire contemporaneamente tre o quattro teste di macchinari che stanno eseguendo lo stampaggio, nel caso in cui i macchinari siano stati disposti in modalità manuale e non automatica, le teste per operaio diminuiscono a due. L'immagine 4 mostra le macchine del reparto.



Immagine 4

Negli ordini di lavoro sono riportate specifiche di processo, informazioni riguardo l'ordine e caratteristiche del prodotto finito, quali:

- codice numerico associato al cliente
- numero d'ordine e data di consegna prevista
- operazione di stampaggio di produzione o campioni
- codice articolo. Si tratta di un codice stabilito dall'azienda, per ciascun articolo specifica il nome, se è un modello per uomo/donna/bambino, se la suola è monocolore/bicolore/tricolore, il materiale (TR, TR LIGHT, TPU, EVA etc), la presenza o meno dell'inserito ed il modello dell'articolo
- lavorazioni di finitura richieste dal cliente
- componenti (materiali) e relativo consumo percentuale e in kg
- colori di stampaggio in ordine discendente (nel caso di suole bicolore o tricolore)
- numero di prodotti da stampare, con relativo numero di suola e peso
- tempo ciclo totale (comprende tempo di iniezione e tempo di raffreddamento)

Nel momento in cui ha inizio lo stampaggio di un prodotto (sia per la produzione in serie sia per quella di campioni), l'operatore monta lo stampo dell'articolo sul macchinario e inserisce il TR nel serbatoio della macchina. Successivamente imposta sul macchinario i parametri riguardanti le specifiche di processo (tempi di stampaggio, tempi di raffreddamento, tempo totale, temperature). Questi sono stati definiti nel corso della "prova serie", step che segue l'ideazione di un nuovo articolo.

Il materiale entra in una sezione cilindrica, viene riscaldato alla temperatura di 150-200 °C circa ed è mescolato con spinte circolari da una vite a coclea fino a raggiungere lo stato fuso. Successivamente, il materiale viene iniettato nello stampo ad altissima pressione tramite un "iniettore". Il tempo di iniezione dipende dalla tipologia di TR e frequentemente viene arrotondato per eccesso, in modo da garantire il riempimento completo dello stampo.



Immagine 5

Come è possibile osservare dall'immagine 5, gli stampi stessi sono dotati di sensori che, segnalando la presenza del materiale fuso in ogni insenatura, bloccano l'iniettore, evitando spreco di materiale che altrimenti uscirebbe dallo stampo. Nel caso di suole bicolore e tricolore, il macchinario è costituito da un iniettore per ogni colore e il processo di iniezione si ripete per due o tre volte, con opportune fasi di raffreddamento del materiale tra un'iniezione e l'altra.

La temperatura delle suole viene abbassata dal macchinario con un sistema ad aria compressa e, successivamente, il prodotto viene restituito all'operatore. L'addetto ha il compito di ispezionare l'articolo, constatandone la conformità in termini di presenza/assenza di macchie (immagine 6) e di completa/incompleta formazione della suola (immagine 7). La conformità dell'articolo viene stabilita anche tramite il confronto con il campione precedentemente approvato dal capo reparto.



Immagine 6



Immagine 7

Se la suola risulta adatta alla vendita, viene imballata nell'apposito scatolone che riporta un'etichetta identificativa con codice d'ordine ed articolo stampato. I prodotti non conformi sono riposti in un'apposita cesta e costituiscono uno scarto. La materozza (immagine 8) che viene estratta dallo stampo, entra a far parte degli sfridi.



Immagine 8

Nell'eventualità in cui l'addetto rilevi un difetto che si ripete in maniera frequente, ha il compito di identificarne la causa. Tra i fattori più ricorrenti c'è la possibilità che parte del colore adoperato per la produzione della suola precedente sia ancora in circolo nel serbatoio o che le specifiche di processo (tempi e temperature) non siano adeguate per la tipologia di TR utilizzata durante lo stampaggio.

Se la suola stampata è caratterizzata dalla presenza di inserto, il macchinario non può essere impostato in modalità automatica, in quanto l'operatore avrà il compito di posizionare l'inserto nello stampo prima che il TR venga iniettato.

Al termine dello stampaggio di una suola, l'operatore consulta il prossimo ordine di lavoro e si reca in magazzino a prelevare lo stampo richiesto per la produzione dell'articolo successivo; in seguito, monta lo stampo di cui si è appena rifornito sul macchinario, sostituendolo a quello precedente.

Allo stesso modo l'addetto ha il compito di sostituire il materiale. Questa fase avviene immettendo l'opportuno TR nel macchinario ed espellendo il materiale precedente rimasto tramite iniettore. È a tutti gli effetti un processo di pulizia della vite, che può richiedere tempistiche differenti a seconda del numero di colori

necessari allo stampaggio e alle gradazioni dei colori stessi. Anche in questa operazione si producono sfridi, costituiti dal materiale che fuoriesce dall'iniettore. Nella sostituzione di colori chiari con colori scuri la quantità di materiale necessaria alla pulizia è ridotta (1 Kg circa), viceversa, nella sostituzione di colori scuri con colori chiari, la quantità di sfridi può raggiungere i 15Kg.

CAPITOLO III

ESPOSIZIONE DI FATTORI CON POTENZIALITA' DI MIGLIORAMENTO ALL'INTERNO DEL PROCESSO PRODUTTIVO

Il seguente capitolo riporta il frutto dell'osservazione diretta del processo di stampaggio delle suole, identifica alcuni fattori che possono essere migliorati ed illustra per ciascuno di essi proposte di perfezionamento.

L'osservazione è stata compiuta sia su processi di stampaggio di campioni che della produzione in serie. Di ogni ordine di lavoro sono stati registrati i seguenti dati:

- numero identificativo dell'ordine di lavoro (JOB)
- tipologia operazione (stampaggio per produzione in serie o campioni)
- codice identificativo del prodotto
- numerata della suola
- composizione JOB (numero di suole e tipologia monocolore/bicolore/tricolore)
- presenza inserto e tempo immissione manuale dell'inserto
- tempo sostituzione stampo (suddiviso in tempo necessario per il reperimento e montaggio in macchina dello stampo)
- tempo pulizia macchinario e immissione nuovo materiale
- tempo totale di stampaggio (comprensivo degli step di iniezione e raffreddamento)
- quantità di scarti e sfridi
- condizioni dello stampo relativo all'articolo

3.1 Modalità di disposizione degli stampi in magazzino

Gli stampi utilizzati per la produzione dei diversi articoli del reparto TR sono disposti in vari magazzini all'interno del suolificio. Alcuni sono posizionati all'interno del magazzino verticale, una struttura che si basa su una collocazione dinamica degli elementi: ogni volta che un'oggetto viene depositato, il magazzino lo stipa nella prima ubicazione non occupata e ne registra la posizione. Il materiale viene caricato e prelevato attraverso un'unica baia di accesso, mentre un ascensore interno si occupa di portare l'elemento richiesto all'operatore.

Gli stampi relativi alle suole che devono essere stampate in un arco di tempo prossimo invece, si trovano all'interno del reparto, nella stessa sezione dei macchinari. Sono stipati su strutture standard metalliche, ciascuna dotata di tre o quattro scaffali, come si può vedere dall'immagine 9.



Immagine 9

Durante le misurazioni delle tempistiche riguardanti reperimento e montaggio dello stampo tra la produzione di un articolo e quello riportato nell'ordine di lavoro successivo, è risultato evidente come il tempo che l'operatore impiegava per riportare lo stampo non più necessario alla produzione in magazzino e prelevare

quello opportuno variasse in un range molto ampio. Questo tipo di operazione, infatti, poteva richiedere tra i 78 secondi (poco più di 1 minuto) e gli 815 secondi (circa 13 minuti), con una media di 6 minuti per volta.

La causa di questo gap temporale è da ricondursi ad una disposizione degli stampi in magazzino non ordinata, in quanto gran parte degli articoli che facevano riferimento ad uno stesso modello potevano non trovarsi sulla stessa struttura. Gli operai riscontrano difficoltà nell'individuare la posizione esatta dello stampo da prelevare, impiegando un ampio lasso di tempo per eseguire il compito. Conseguentemente il tempo dedicato all'effettiva lavorazione durante un turno di lavoro si riduce notevolmente, limitando la capacità produttiva del reparto.

La soluzione più immediata è stata quella di eseguire una mappatura del magazzino nel suo stato attuale. Di ogni stampo è stata registrata la posizione, tenendo conto dell'articolo di riferimento e della numerata. Con il fine di eseguire questa operazione, ogni struttura metallica che ospitava gli stampi è stata nominata con una lettera dell'alfabeto. Nel caso le strutture fossero bifronte (e quindi permettessero di accedere agli stampi da due lati) ad ogni lato di ogni struttura è stata assegnata una lettera. In seguito, ogni campata è stata numerata da sinistra verso destra ed ogni ripiano dal basso verso l'altro. Grazie a questa procedura, ogni elemento presente nel magazzino può essere indentificato attraverso una lettera che indica la struttura e due numeri, riferimento della campata e del ripiano.

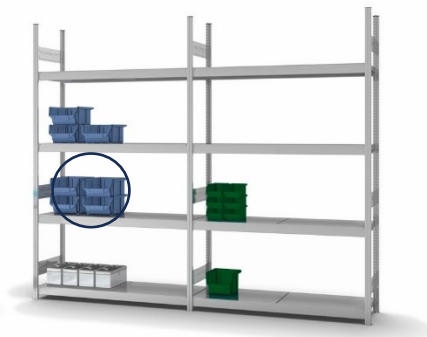


Immagine 10

Considerando che le strutture dedicate all’allocazione degli stampi sono della tipologia nell’immagine 10, ed ipotizzando che la struttura in figura sia stata denominata con la lettera “A”, potremmo affermare che l’elemento evidenziato si trovi nella posizione “A,1,2”

A seguito di una consultazione con il capo reparto è stato ritenuto opportuno non considerare le strutture come suddivise in campate ma unicamente in ripiani, così da semplificare la visualizzazione dell’ubicazione degli stampi per gli operai.

Successivamente, la posizione degli stampi con relativa numerata e nome dell’articolo è stata registrata su un foglio di lavoro Excel in ordine alfabetico. L’immagine 11 ne riporta un frangente. I nomi degli articoli sono stati oscurati nel rispetto della privacy dei clienti.

ARTICOLO	NUMERATA	UBICAZIONE
40 mm x 11	4,5	L4
15 mm x 10	3, 3.5, 5, 5.5, 6.5	B1
15 mm x 10	4, 4.5, 6, 7, 7.5, 8	B2
A2000	42,5	L2
A2000 B1H	39, 40, 44	E3
A2000	20, 24	E3
A2000	31	L4
A2000 B1H	24	E3
A2000	20, 21, 22, 24, 25, 27, 30, 37, 39	F2
A2000	23,26, 31-35.5, 43, 47.5	F3
A2000	19, 28, 29, 36, 38 41, 41.5, 42,44,45	F4
A2000	28, 30, 35, 38, 40	C1
A2000	29, 32, 33, 34, 36, 37	C2
A2000	37,42	L4
A2000	37	L2
B2000	19- 34	H3
B2000	26,27	I1
B2000		P1
B2000	7,5	P2
B2000	7	P3
B2000	31	L1
B2000	43	N4
B2000	35-38	J1
B2000	39	J2

Immagine 11

Un file di questo tipo può essere consegnato a ciascun operaio, il quale, poco prima dell'operazione di sostituzione stampo sul macchinario, avrà la possibilità di consultare l'elenco e potersi orientare con maggior rapidità all'interno del magazzino per prelevare lo stampo.

In aggiunta, è stato compilato un file Word che descrive gli articoli presenti in ogni struttura divisi per ripiano con le relative numerate, come nell'immagine 12.

Struttura C: TR

Ripiano 1

- AURORA 28, 30, 35, 38, 40
- CIRCE 35, 36, 38
- NADIN 35, 37, 38, 39, 40

Ripiano 2

- AURORA 29, 32, 33, 34, 36, 37
- CIRCE 37, 39, 40
- KEVIN 44, 47.5

Ripiano 3

- KYLA 35.5, 37, 38, 39, 40.5
- KEVIN 35.5, 37, 44, 46, 47.5

Ripiano 4

- FARGETTA 40.5, 42
- FUTURE 35.5, 37, 38, 39
- KEVIN 38.5, 40.5, 42

Immagine 12

Questo elenco nasce con l'obiettivo di registrare eventuali spostamenti degli elementi ubicati, dovuti alla necessità di sostituirli con stampi opportuni per la produzione di un nuovo articolo o dalla volontà dell'azienda di far produrre il modello di suola relativo allo stampo in questione da un terzista.

3.2 Manutenzione degli stampi

Un ulteriore fattore che se migliorato potrebbe giovare al perfezionamento del processo produttivo è l'inserimento di uno step di controllo delle condizioni degli stampi precedentemente alle fasi di stampaggio. La supervisione deve essere effettuata sia per verificare l'assenza di danneggiamento dello stampo che di mancata pulizia dello stesso.

Durante l'osservazione del ciclo di produzione, il 35% degli stampi utilizzati riportavano difetti nel vano che durante lo stampaggio accoglie l'iniettore. A causa di questa anomalia, l'iniezione non avveniva in maniera standard, provocando la fuoriuscita del TR fuso senza che lo stampo fosse stato completamente riempito. Qualora si presentino situazioni di questo tipo, gli operatori possono momentaneamente risolvere il problema applicando opportuni fogli di alluminio o pezzi di carta che possono essere modellati in modo da fissare l'iniettore sullo stampo. L'immagine 13 rappresenta uno stampo danneggiato e corretto con cartoncini dall'operatore, l'immagine 14 mostra uno stampo standard.

Immagine 13





Immagine 14

Azioni di questo tipo però, non permettono una soluzione a lungo termine e, inoltre, causano il blocco temporaneo dello stampaggio. Oltre a ciò, conducono alla produzione di sfidi e scarti.

Altro fattore da tenere in considerazione è la presenza o meno di TR proveniente da precedenti lavorazioni su stampi che devono essere utilizzati per la produzione di un articolo. È stato notato che alcuni stampi nel magazzino presentassero frammenti, a volte più evidenti (come nell'immagine 15), altre meno, di TR solidificato. Nel momento in cui questi stampi vengono utilizzati per successi produttivi, il materiale adeso allo stampo tende a tornare allo stato fuso ed a miscelarsi con il nuovo materiale iniettato dalla macchina. Questo comporta la presenza di macchie evidenti sulle soole prodotte che, non essendo idonee alla vendita, vanno a costituire uno scarto.

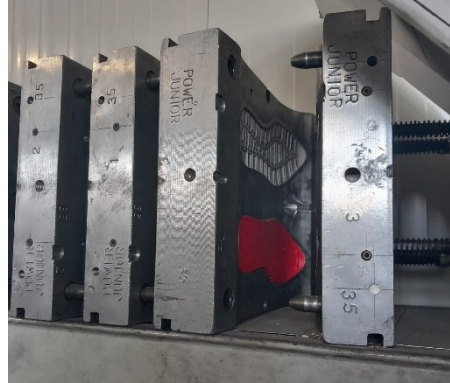


Immagine 15

In entrambe le casistiche, conseguenze quali perdita di produttività per interruzione momentanea dello stampaggio e produzione di scarti e sfridi, possono essere evitate eseguendo uno step di verifica condizione stampi antecedente allo stampaggio. Gli stampi che riportano elementi di TR adesivo possono essere rapidamente puliti dagli addetti mentre, nel caso di stampi danneggiati, va valutata l'entità del guasto e con essa devono essere visionati gli ordini di lavoro. Se il guasto è tale da influire notevolmente sulla produzione e l'articolo relativo allo stampo è stato richiesto da più clienti, un'operazione di manutenzione risulta necessaria.

3.3 Scarto tra tempo teorico e tempo effettivo di lavorazione

Altro fattore di ingente importanza per il perfezionamento del processo produttivo è l'individuazione del tempo di lavorazione, comprendente tempo di iniezione e raffreddamento, di ciascun articolo.

Durante le osservazioni compiute è stato rilevato che frequentemente il tempo di lavorazione specificato nel cartellino che descriveva l'ordine di lavoro non rispettava l'effettivo tempo richiesto allo stampaggio della suola. In altri casi invece, non era specificato. L'immagine 16 riporta i dati registrati durante processi di produzione in serie. I codici degli articoli sono stati oscurati nel rispetto della privacy.

cartellino	tipo macchina	codice articolo	n suola	composizione cartellino				tempo paio (s)	tempo previsto (s)	n.articoli effettivi/h	n. articoli con tempo teorico	scarto tra n art effettivo e teorico
				n paio M	n paio B	n paio T	inserto					
241252	automatica		38	36			no	227		15,86		
241832	automatica		39			10	no	313	330	11,50	10,91	0,59
242078	automatica		38		32		no	248	260	14,52	13,85	0,67
241757	automatica		39		36		no	200		18,00		
241444	automatica		45	51			no	292	280	12,33	12,86	-0,53
241835	manuale		37		20		no	257,75		13,97		
242085	automatica		39		40		no	220		16,36		
242071	automatica		39		36		no	276		13,04		
242325	automatica		39	24			no	212		16,98		
242022	automatica		42		30		no	271		13,28		
241588	manuale		39		15		no	287		12,54		
242234	manuale		39	10			no	176	150	20,45	24,00	-3,55
242182	automatica		36		29		no	204	250	17,65	14,40	3,25
242078	automatica		5		150		no	268	260	13,43	13,85	-0,41
242018	automatica		38			30	no	372		9,68		
242015	automatica		39			65	no	390		9,23		
242446	automatica		43		10		no	286	260	12,59	13,85	-1,26
242324	automatica		38,5	14			no	216		16,67		
242373	automatica		38		46		no	198	200	18,18	18,00	0,18
241880	automatica		39		36		no	210	250	17,14	14,40	2,74
242384	automatica		37	20			no	195	160	18,46	22,50	-4,04
241942	manuale		43				si	636	610	5,66	5,90	-0,24
242288	manuale		38	36			no	285	240	12,63	15,00	-2,37
241881	automatica		37		25		no	219	250	16,44	14,40	2,04
241556	automatica		41	30			no	287	270	12,54	13,33	-0,79
242362	automatica		41	311			no	278	260	12,95	13,85	-0,90
242017	automatica		41			30	no	363		9,92		

Immagine 16

Come è possibile osservare dalla tabella, per alcuni articoli lo scarto tra tempo teorico e tempo effettivo risulta superiore ai 30s per paio. Questo dato si traduce in una capacità produttiva oraria che arriva a discostarsi di 3 o 4 articoli da quella teorica. Nell'ultima colonna a destra sono evidenziati gli scarti di capacità produttiva più evidenti per i diversi articoli; i valori positivi si riferiscono ad articoli per cui la capacità produttiva è superiore rispetto a quella dichiarata nell'ordine di lavoro, quelli negativi ad una capacità produttiva inferiore.

La dissonanza tra i due tempi è in questo caso dovuta ad una sottostima dei tempi morti di movimentazione della macchina, ovvero step in cui la macchina ruota gli stampi per produrre suole bicolore/ tricolore o rimuove la materozza in maniera automatica. La necessità di rivalutare questi parametri risiede nelle conseguenze che un sostanziale gap tra tempo effettivo e tempo teorico di produzione comporta; prima tra tutte l'impossibilità di poter decretare con certezza una data di consegna da comunicare al cliente, in quanto non si può stabilire il tempo esatto opportuno allo stampaggio di un determinato articolo. Questo potrebbe causare il bisogno di ricorrere a turni straordinari non previsti, aumentando il costo del lavoro. In aggiunta, basare preventivi di costo di un articolo su un tempo di produzione teorico inferiore al tempo effettivo, comporta la vendita del prodotto in sottocosto in quanto la spesa di produzione per l'azienda risulta essere in realtà più alta di quella dichiarata.

3.4 Conteggio di scarti e sfridi

Altro elemento da considerare nell'ottica del miglioramento dell'intero ciclo produttivo è il conteggio di scarti e sfridi. La quantificazione di questi elementi ha molteplici utilizzi.

In primo luogo conoscere la percentuale di scarto fisiologico nel processo di produzione di un articolo permette all'azienda di produrre esattamente il numero di suole richieste dal cliente nei tempi prestabiliti, evitando di superare la data di consegna a causa di una mancanza di articoli conformi. Altra importante considerazione riguarda il prezzo di vendita. Esso viene calcolato includendo diversi fattori, tra cui la percentuale di scarto stessa; considerare una percentuale di scarto inferiore a quella effettiva comporta la vendita di un articolo a prezzo ribassato, producendo un guadagno ridotto per l'azienda. In aggiunta, un'attenta osservazione degli scarti e dei difetti che li rendono tali può essere utile per

identificare problemi a monte della produzione nel processo di stampaggio, quali attrezzi usurati o macchinari non performanti. La correzione di elementi che possono nuocere allo stampaggio di articoli conformi comporterebbe una riduzione degli scarti stessi e dunque un abbassamento dei costi e degli sprechi in termini di materiale.

Durante il periodo di osservazioni al suolificio Da.Mi sono state calcolate le percentuali di scarto del reparto TR e del reparto TPU consultando i dati storici presenti nel sistema gestionale. Le quantità di scarto vengono riportate dagli stessi operai al termine del turno di lavoro e poi registrate nel sistema.

In particolare, i periodi presi in esame sono stati: Settembre-Gennaio 2026, Febbraio 2026 e Marzo 2026. Gli scarti sono stati conteggiati sia per i processi di stampaggio di campioni che per la produzione in serie, come mostrato nell'immagine 17.

mar-26			
TR	%SCARTO	TPU	%SCARTO
CAMPIONI	12,84	CAMPIONI	9,6
PRODUZIONE	1,64	PRODUZIONE	0,31
feb-26			
TR	%SCARTO	TPU	%SCARTO
CAMPIONI	5,72	CAMPIONI	0
PRODUZIONE	1,96	PRODUZIONE	0,23
da SETT-25 a GEN-26			
TR	%SCARTO	TPU	%SCARTO
CAMPIONI	5,54	CAMPIONI	3,12
PRODUZIONE	2,01	PRODUZIONE	1,92

Immagine 17

Alla luce dei dati riportati in tabella, lo scarto registrato, specialmente in alcuni periodi, risulta irrisorio e certamente poco verosimile sia considerando lo scarto fisiologico presente in particolare nei processi di stampaggio di campioni, sia in quelli di produzione in serie. Il gap tra dato reale e teorico potrebbe essere

imputato ad un errore umano da parte degli operai, i quali probabilmente si limitano a stimare lo scarto anziché riportare le esatte quantità.

Visti i vantaggi che un conteggio oculato degli scarti comporta, l'azienda potrebbe utilizzare metodi differenti per il calcolo degli stessi. Un'opzione che può essere adottata è quella di affidarsi ai dati riportati da ciascuna macchina a seguito della produzione. Tra le informazioni fornite dalle macchine è infatti presente il numero di soole stampate. Se questo valore viene confrontato con quelli riportati negli ordini di lavoro completati e non, nel corso del turno di lavoro, sarà possibile stimare con più esattezza lo scarto percentuale. Altra modalità consiste nel pesare gli scarti e separatamente gli sfridi al termine del turno di lavoro, così da quantificare il materiale che costituisce un rifiuto.

CAPITOLO IV IL SEQUENZIAMENTO E GLI EFFETTI SULLO STAMPAGGIO DELLE SUOLE

Quest'ultimo capitolo dell'elaborato si concentra sul tema del sequenziamento: partendo dalla descrizione dell'attività di sequenziamento dei cartellini nella Da.Mi, si prosegue con un approfondimento sull'argomento ed infine vengono proposte delle soluzioni di miglioramento per il suolificio.

4.1 Il sequenziamento dei cartellini nel reparto TR

Al fine di ottenere una chiara comprensione gli argomenti trattati, è necessaria un'adeguata conoscenza delle modalità di processo dello stampaggio delle suole in TR. Queste sono state riportate nel CAPITOLO II dell'elaborato.

Durante le osservazioni effettuate è stato rilevato come l'operazione di "cambio materiale" necessario alla produzione dell'articolo riferito all'ordine di lavoro successivo rispetto a quello appena concluso, potesse impiegare un range temporale piuttosto dilatato, a seconda di alcune variabili.

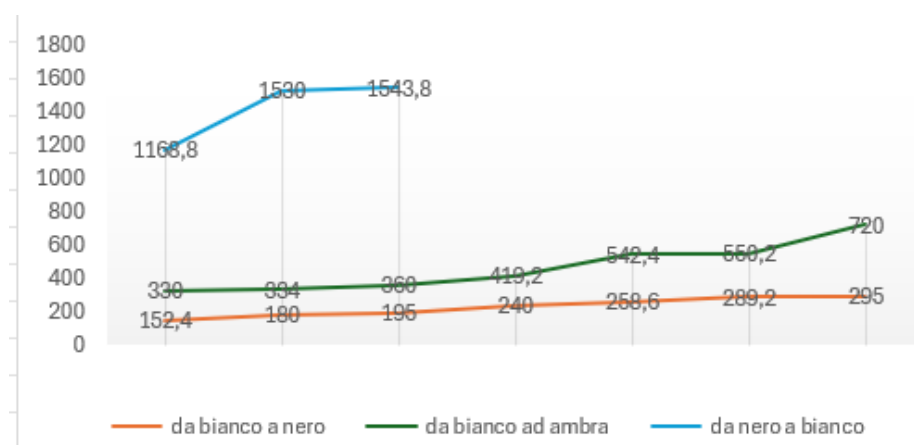


Grafico 1

Il grafico 1 riporta tre diverse casistiche e le relative tempistiche espresse in secondi.

- La retta arancione fa riferimento alla sostituzione di colori tendenti al bianco con il nero. In questo caso sono state raccolte sette misurazioni.
- La retta verde fa riferimento alla sostituzione di colori bianchi con gradazioni tendenti all'ambra. Anche in questo caso sono state effettuate sette misurazioni.
- La retta azzurra si riferisce alla sostituzione di colori scuri con colori molto chiari (prevalentemente bianco/panna). Tre sono le misurazioni riportate.

Come è possibile notare dal grafico, i tempi necessari per il cambio colore (dunque per il set up) variano in modo sostanziale da casistica a casistica. L'operazione richiede in media 230 secondi (poco meno di 4 minuti) per il passaggio da bianco a nero, 465 secondi (circa 8 minuti) per la sostituzione di bianco con ambra e 1.414 secondi (24 minuti) per cambiare il colore nero in bianco.

I casi registrati fanno riferimento sia a suole monocolore che bicolore/ tricolore ma, come è di facile intuizione, maggiore è il numero di colori impiegato nello stampaggio, maggiore sarà il tempo necessario al cambio colore. Allo stesso modo aumenteranno in quantità gli sfridi, composti dal materiale che viene fatto fuoriuscire dall'iniettore fino ad ottenere il colore desiderato.

Altro fattore da considerare è che spesso questa operazione è seguita dallo stampaggio di un vario numero di suole che vanno a costituire uno scarto in quanto risultano macchiate dal colore che precedentemente era stato utilizzato.

Tale fenomeno è particolarmente comune a seguito del passaggio da colori scuri a colori chiari, mentre è praticamente inesistente o molto raro nelle altre due casistiche.

È inoltre importante evidenziare che, in aggiunta alle tempistiche della fase di cambio colore, va considerato il tempo necessario per il riscaldamento o raffreddamento della macchina. Il TR standard, infatti, viene fuso a temperature che sfiorano la soglia dei 200°C, mentre il TR light raggiunge la fusione tra i 150 e i 160°C.

Presa visione delle variabili, risulta ovvio come un sequenziamento effettuato in maniera non oculata comporti un alto numero di scarti e sfridi ma soprattutto un abbassamento della capacità produttiva del reparto in quanto durante l'operazione di cambio colore la macchina è ferma e la produzione bloccata. Il sequenziamento consta dunque in una fase operativa di fondamentale importanza.

4.2 Il sequenziamento in letteratura

Il sequenziamento è l'attività attraverso la quale vengono decretate sequenze e precedenze dei lavori assegnati ad uno stesso centro di lavorazione. Questo tipo di operazione, se correttamente effettuata, comporta vari vantaggi quali:

- minore spreco di materiale
- riduzione delle tempistiche di attrezzaggio
- maggiore flessibilità della produzione
- massimizzazione della capacità produttiva
- aumento dell'efficienza

- riduzione del tempo di attesa in coda per alcuni articoli
- riduzione costi
- miglioramento puntualità e rispetto delle date di consegna.

Il sequenziamento trova la sua utilità in situazioni di caricamento a capacità finita, ovvero quando l'assegnazione dei JOB alle diverse macchine viene effettuata senza mai eccedere i limiti di capacità delle stesse, evitando situazioni di sovraccarico e sotto carico. In particolare, se i centri di lavoro non sono saturi e i JOB richiedono lo stesso tempo di processo il sequenziamento avviene senza particolari difficoltà, mentre nel caso di sovraccarico dei centri di lavoro e della presenza di ordini di lavoro con tempi di processo elevati il sequenziamento è più complesso e acquisisce una maggiore importanza.

Alcune strategie di sequenziamento tengono in considerazione il Lead Time (LT), ovvero il tempo che intercorre tra l'inizio di un processo e il suo completamento. Al fine di garantire una piena comprensione della materia trattata, di seguito sono elencati i singoli tempi elementari che compongono il LT:

- Tempo di movimentazione (T_m); legato al sistema di movimentazione, al layout e alle risorse. Può essere ridotto ottimizzando il layout e aumentando la velocità dei mezzi di movimentazione.
- Tempo speso in code (T_c): tempo speso in attese prima dei processi. Può essere ridotto ottimizzando assegnazione, caricamento e sequenziamento.
- Tempo di setup (T_{su}); non può essere azzerato. È possibile ridurlo destinando il compito di set up ad operatori esperti o aumentando il numero di operatori. In alternativa possono essere acquistati macchinari che presentano un set up più rapido.

- Tempo di processo (T_p): dipende dalla lavorazione che la materia deve subire e dalla tecnologia utilizzata. Può essere ridotto acquistando macchinari che svolgono l'operazione più rapidamente
- Tempo perso nell'attesa e nel passaggio da un centro di lavorazione all'altro (T_{am}). È possibile ridurne la durata modificando il layout in modo da avvicinare centri di lavorazione che si occupano di operazioni consecutive.

Per quanto concerne le modalità attraverso le quali avviene l'operazione di sequenziamento, le più utilizzate sono: le regole di priorità, carte e diagrammi di sequenziamento, i metodi di ottimizzazione e i metodi di simulazione.

Le regole di priorità consistono in linee guida utili e semplificate che snelliscono il processo di sequenziamento. Seguono le più comuni.

- First Come First Served (FCFS) o FIFO: permette di eseguire i lavori sulla base del loro ordine di arrivo al centro di lavorazione. Il primo JOB in arrivo è il primo ad essere lavorato.
- LIFO: l'ultimo JOB in che si presenta al centro di lavoro è il primo ad essere eseguito. La regola non risulta efficace nel caso in cui il processo riguardi l'utilizzo di materiale che si deteriora rapidamente (ad esempio nel settore alimentare)
- Shortest Processing Time (SPT): i JOB sono realizzati nel centro di lavorazione sulla base dei loro tempi di processo a partire da quello con T_p più basso; applicare questo metodo permette di minimizzare il tempo di attesa in coda.

- Earliest Due Date (EDD): i lavori sono eseguiti sulla base delle date di consegna stabilite. Viene dunque completato prima il JOB con la data di consegna più vicina.
- Critical Ratio (CR): viene calcolato il rapporto tra il tempo di consegna e il tempo di processo sul macchinario (T_p); il JOB con il valore di CR più basso è lavorato per primo.
- Slack per Operation (S/O): viene calcolato lo slack, ovvero la differenza tra il tempo alla consegna e il tempo di processo residuo di ogni job, il tutto diviso per il numero di operazioni che restano da eseguire (inclusa quella corrente). I JOB sono ordinati sul macchinario sulla base del valore dello slack relativo, seguendo un ordine di grandezza crescente.
- Rush (R): regola non fissa, permette di eseguire per primo il lavoro del cliente considerato più importante o quello necessario al completamento di un ordine già in ritardo rispetto la data di consegna. Non è stabilita una priorità oggettiva.

La regola da utilizzare viene scelta in base alla casistica. L'efficacia della regola viene calcolata sulla base di tre parametri: il tempo medio di completamento (T_{mc}), il ritardo medio del lavoro (R_m) e il numero medio di JOB caricati al centro di lavorazione (N_{ml}).

Il tempo medio di completamento è un fattore utile a stabilire la data di consegna dell'ordine da comunicare al cliente. Viene calcolato eseguendo il rapporto tra la sommatoria dei tempi di flusso di tutti i JOB e il numero dei JOB.

Il ritardo medio del lavoro è dato dal rapporto tra la sommatoria dei ritardi di ogni JOB (calcolati come la differenza tra il tempo di flusso espresso in giorni e il numero di giorni rimanenti alla consegna) e il numero totale di JOB.

Il numero medio di lavori caricati al centro di lavorazione permette di valutare le giacenze WIP ed è dato dal rapporto tra la sommatoria dei tempi di flusso dei JOB e la sommatoria dei tempi di lavorazione dei JOB.

Viene decretato a priori quale dei tre parametri risulta più significativo per l'azienda e vengono calcolati i valori dei parametri considerando volta per volta le singole regole di priorità, al termine del calcolo viene selezionata la regola di sequenziamento che ottimizza il parametro scelto in precedenza.

Altre metodologie che permettono di visionare l'ordine esatto dei JOB su un macchinario sono le carte e diagrammi di sequenziamento. È importante notare che questi costituiscono uno strumento di visualizzazione e controllo dell'ordine dei lavori ma non permettono di calcolarne la priorità. Il diagramma più utilizzato è chiamato Diagramma di Gantt. Questo riporta sull'asse delle ordinate i macchinari e su quello delle ascisse il tempo (espresso in minuti, ore o turni, a seconda delle operazioni considerate). I JOB sono costituiti dai blocchi e la lunghezza dei blocchi equivale al tempo di lavorazione. Grazie al diagramma il sequenziamento può essere disposto in modo da evitare colli d'oca e sotto carichi. L'immagine 18 seguente ne riporta un esempio.

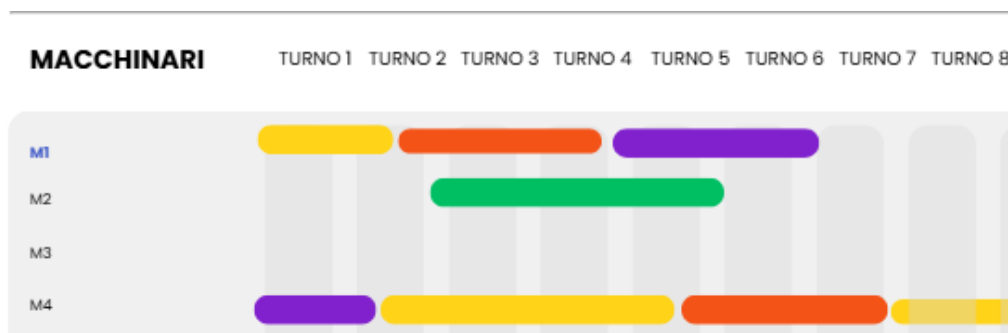


Immagine 18

Il diagramma mostra la pianificazione della produzione e il bilanciamento dei carichi su quattro macchinari. Sull'asse delle ascisse è riportato il tempo, suddiviso in turni di lavoro. Ogni JOB è identificato da un blocco di colore differente e caratterizzato da uno specifico tempo ciclo. Osservando il diagramma è possibile constatare che il macchinario M1 sia in una condizione di saturazione parziale, con una capacità residua nei turni 7 e 8. Eventuali fermi macchina causerebbero uno slittamento a cascata delle lavorazioni, occupando anche i turni in cui non è stata programmata alcuna attività. Il macchinario M2 è in condizione di sotto-utilizzo. Il carico di lavoro è inferiore alla capacità produttiva disponibile. Il macchinario M3 costituisce una risorsa inutilizzata in quanto si trova in una condizione di inattività totale. Infine, il centro di lavoro M4 presenta una completa saturazione. Per evitare colli di bottiglia è opportuno ridistribuire parte del carico su macchinari che presentano una capacità produttiva residua.

Frequentemente le aziende utilizzano i metodi euristici precedentemente citati parallelamente a moderni software come l'APS (Advanced Planning and Scheduling), ovvero schedulatori di produzione. Il sistema, integrato con il MES (Manufactory Execution System), struttura un piano di produzione completo che considera vincoli, risorse e tempi di consegna così da evitare colli d'oca e sovraccarichi delle macchine. A questo si aggiunge la capacità di riprogrammare il sequenziamento in tempo reale, facendo fronte a imprevisti, fermi macchina o urgenze.

4.3 Proposte per il miglioramento del sequenziamento nell'azienda Da.Mi

Dall'osservazione empirica effettuata sui processi di stampaggio in serie delle suole si evince che il Lead Time dei singoli articoli è sostanzialmente penalizzato

nella fase di set up. Il tempo di attrezzaggio non è costante ma fortemente variabile e strettamente legato sia alla sequenza cromatica delle suole sia alle temperature di fusione che variano in base al materiale (TR standard e TR light).

Come è evidente dalle variabili che influiscono sul tempo di attrezzaggio riportate nel primo paragrafo, regole di sequenziamento quali FIFO o LIFO risultano inefficaci nel decretare la priorità e l'ordine secondo cui gli articoli devono essere prodotti. L'applicazione di logiche non pertinenti moltiplicherebbe fermi macchina dovuti al cambio colore e aumenterebbe il numero di sfridi e scarti connessi, generando ulteriori costi.

L'azienda dovrebbe invece considerare l'utilizzo di regole quali la Earliest Due Date (EDD) e la Shortest Processing Time (SPT) abbinate ad una logica di sequenziamento a lotti di colore omogeneo. Suole con colorazioni simili devono essere necessariamente raggruppate nello stesso lotto produttivo. L'ordine dei lotti deve evitare condizioni di cambio colore critiche (ovvero da nero a bianco). Altro elemento da tenere in considerazione è il materiale utilizzato. Suole in TR standard devono essere stampate in sequenza, cercando di evitare l'alternanza con lo stampaggio di suole in TR light. In questo modo, si verificherebbe meno frequentemente la necessità di riscaldare o raffreddare il macchinario. È importante evidenziare che questo fattore ha un'importanza secondaria rispetto al sequenziamento basato sui colori in quanto il riscaldamento e il raffreddamento della macchina può avvenire parallelamente al cambio colore e non risulta essere la variabile maggiormente incidente sul tempo di attrezzaggio.

Anche la classe del cliente può essere presa in considerazione per strutturare una completa strategia di sequenziamento. Ordini di clienti di classe AAA (con alta frequenza di acquisto e alto margine di contribuzione) hanno priorità rispetto

a quelli di clienti di classe B, ad esempio (si adotta in questo caso la regola di sequenziamento Rush).

Tenendo conto dei fattori esposti, il tempo in coda di ogni articolo verrebbe ridotto notevolmente, sarebbe rispettata la puntualità per la consegna dell'ordine e la quantità di scarti e sfridi diminuirebbe. In aggiunta, questo bilanciamento consentirebbe di convertire la capacità produttiva persa a causa del tempo necessario al set up in tempo di processo utile.

La mappatura delle sequenze ottimizzate può essere riportata in uno strumento di controllo visivo quale il Diagramma di Gantt, così da rendere più intuitivo il monitoraggio in tempo reale del carico delle macchine e dello stato di avanzamento degli ordini.

CAPITOLO V

CONCLUSIONI

Oggetto di questo ultimo capitolo è il riepilogo di tutte le osservazioni svolte e delle relative proposte di miglioramento.

È stato possibile notare come il processo di stampaggio delle suole sia composto da molteplici fasi ed altrettanti fattori ne determinano l'andamento e l'output.

Il primo elemento analizzato è stata la disposizione degli stampi nel magazzino. È stata posta attenzione sull'importanza di un'allocazione adeguata degli elementi nei magazzini. Nell'azienda, infatti, gli scaffali non erano stati numerati e lo stoccaggio degli stampi avveniva secondo una logica dinamica: gli elementi venivano posizionati nel primo spazio utile. Gli strumenti che concorrono allo stampaggio (in questo caso gli stampi stessi) devono essere facilmente reperibili dagli operatori così da assicurarne un rapido prelievo. Al fine di velocizzare l'operazione, tutti gli stampi sono stati registrati in un apposito file, specificando per ciascuno l'articolo, la numerata e la posizione sugli scaffali. Il file creato dovrà essere aggiornato, registrando gli spostamenti subiti dagli stampi.

Successivamente sono stati elencati gli effetti di una scarsa manutenzione degli stampi in termini di pulizia e di danneggiamento. È stato evidenziato come stampi con tracce di materiale plastico adesivo non dovrebbero essere riposti in magazzino poiché l'utilizzo nella successiva operazione di stampaggio comporterebbe la creazione di macchie sulle suole prodotte e, conseguentemente, un aumento degli scarti. Allo stesso modo, stampi danneggiati possono influire notevolmente sul tempo di processo. In particolare,

nelle casistiche osservate, gli elementi riportavano irregolarità nella sezione di ingresso dell'iniettore. Questo comportava un'interruzione continua del processo di stampaggio per permettere agli operatori di correggere la posizione dell'iniettore, oltre ad un aumento di scarti costituiti da suole non completamente formate.

In risoluzione a queste problematiche è stata suggerita l'introduzione di uno step di pulizia e controllo dell'idoneità degli stampi pre o post stampaggio.

Altro elemento parte dell'analisi è stato il gap tra tempo teorico e tempo effettivo di produzione. È stato messo in evidenza come per alcuni articoli questo gap si traducesse in una consistente differenza tra capacità produttiva presunta e capacità produttiva reale. La dissonanza tra i due tempi è in questo caso dovuta ad una sottostima dei tempi morti di movimentazione della macchina.

Questo fenomeno comporta la difficoltà nel determinare le date di consegna dei vari ordini, la necessità di ricorrere a turni straordinari non previsti (nei casi in cui la consegna dell'ordine risultasse imminente) e la sottostima del costo di vendita di un articolo in quanto la spesa di produzione per l'azienda risulta essere in realtà più alta di quella dichiarata. Per ovviare a questa problematica è necessario revisionare i tempi di stampaggio delle diverse suole, ponendo particolare attenzione sugli articoli più frequentemente richiesti dai compratori.

Un ulteriore fattore che può essere implementato è il conteggio di scarti e sfridi. L'attività è stata fino ad ora affidata agli addetti allo stampaggio che, al termine di ogni turno, riportano il numero di suole scartate su delle apposite tabelle. Confrontando i dati raccolti con le quantità prodotte, le quantità di scarto dichiarate risultano incongruenti con il livello produttivo sostenuto. La sottostima degli scarti e degli sfridi non consente all'azienda di produrre esattamente il

numero di suole richieste dal cliente nei tempi prestabiliti; oltre a ciò, considerare una percentuale di scarto inferiore a quella effettiva comporta la vendita di un articolo a prezzo ribassato. Va inoltre considerato che un'oculata osservazione dei difetti riportati dagli scarti permette di identificare problemi a monte della produzione nel processo di stampaggio. Per efficientare il conteggio di scarti e sfridi il suolificio potrebbe affidarsi alle informazioni generate da ciascun macchinario. Tra queste, infatti, è presente il numero delle suole stampate. Questa quantità può essere confrontata con i valori che fanno riferimento agli ordini di lavoro completati così da stimare gli scarti in modo accurato. Altra soluzione consiste nel pesare gli scarti e separatamente gli sfridi al termine di ogni turno di lavoro, in modo da quantificare il materiale che costituisce un rifiuto.

Nel quarto capitolo è stata riportata un'analisi sul sequenziamento, illustrando la natura e le modalità di esecuzione di questa operazione. Risulta chiaro come un sequenziamento ottimizzato conferisca vari vantaggi tra cui: minore spreco di materiale, riduzione delle tempistiche di attrezzaggio, riduzione dei costi, maggiore flessibilità della produzione e massimizzazione della capacità produttiva. I fattori che devono essere considerati per l'esecuzione di un sequenziamento efficiente nel reparto TR del suolificio sono: l'alternanza dei colori utilizzati per lo stampaggio delle suole (l'ordine dei lotti deve infatti evitare condizioni di cambio colore critiche), la natura del TR (standard o light), la data di consegna dell'ordine e la classe del cliente. L'intero sequenziamento può essere facilmente visualizzato attraverso l'utilizzo del Diagramma di Gantt.

In sintesi, i principali contributi emersi in seguito all'analisi sono stati: la creazione di una mappatura del magazzino interno e dei relativi file Excel che specificano dove i singoli stampi sono allocati, l'introduzione dell'operazione di controllo

condizione stampi, la rilevazione di un divario sostanziale tra tempo teorico e tempo effettivo di stampaggio, l'identificazione di due differenti modalità di conteggio degli scarti e, infine, la selezione delle variabili da considerare al fine di effettuare un corretto sequenziamento.

L'analisi esposta nell'elaborato, concentrata sull'ottimizzazione del processo di stampaggio nel reparto TR, potrebbe essere allo stesso modo effettuata negli altri reparti. Il reparto TPU presenta una modalità di stampaggio piuttosto simile a quella del TR ma non identica. Andrebbero considerati con maggiore attenzione la creazione della miscela (che risulta più complessa e variegata rispetto a quella del TR) e la quantità di scarti generati dal reparto controllo qualità poiché il TPU nasce per la creazione di suole di marchi che richiedono uno standard qualitativo elevato. Per quanto riguarda invece il reparto EVA, molti dei fattori considerati nell'analisi risulterebbero non sufficienti per la valutazione dell'intero processo di stampaggio delle suole in Etilene Vinil Acetato in quanto il processo produttivo di questi articoli è di natura chimica (e non fisica come per TR e TPU), dunque è influenzato da variabili differenti.

BIBLIOGRAFIA

Slides corso di Programmazione e Controllo della Produzione tenuto dal Professor Vita Alessio presso l'Università Politecnica delle Marche.

SITOGRAFIA

<https://www.giordano.it/certificazione-iso-9001>

<https://store.uni.com/uni-en-iso-56002-2021>

<https://store.uni.com/uni-pdr-125-2022>

<https://www.reteclima.it/iso-14064-1-inventario-dei-gas-serra-delle-organizzazioni-ghg-carbon-footprint/>

<https://qu-esarconsult.com/zdhc/>

<https://pu-ro.it/2021/01/29/tpu-caratteristiche-suole-calzature/>

<https://www.sinthesieng.it/news/i-vantaggi-della-stampa-3d-nel-settore-calzaturiero/>

<https://www.opta.it/logistica-aziendale/logistica-di-magazzino/magazzino-verticale/>

<https://www.mecmatica.it/guide/schedulazione-della-produzione/>

<https://industrial-cloud.com/software-aps-schedulazione-produzione/>

