



UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI PADOVA
DIPARTIMENTO DI INGEGNERIA INDUSTRIALE

**TESI DI LAUREA IN INGEGNERIA
CHIMICA E DEI MATERIALI**
(Laurea triennale DM 270/04 – indirizzo Chimica)

**APPLICAZIONE DEI PRINCIPI DI “LEAN
MANUFACTURING” ALLA PRODUZIONE
DI VERNICI PER LEGNO**

Relatore: Prof. ANTONIO SCIPIONI

Tutor aziendale: Dott. CLAUDIO MAGAGNOLI

Laureando: FRANCESCO PAGLIA

ANNO ACCADEMICO 2011 – 2012

Riassunto

Questo elaborato riassume il lavoro svolto presso la Akzo Nobel Coatings S.p.a. di Peseggia, azienda che produce vernici industriali per legno. Il fine di questa esperienza è stata l'applicazione dei principi di *Lean manufacturing* alla produzione attuata nello stabilimento, cercando di individuare ed eliminare gli sprechi che la caratterizzano.

Inizialmente vengono introdotti i concetti teorici su cui si basa questa filosofia manageriale, mettendo in evidenza quale sia la logica che ne sta dietro e definendo alcuni metodi di applicazione.

Successivamente, dopo aver illustrato le componenti basilari di una vernice e il suo processo di produzione, sono affrontati gli aspetti pratici di questa esperienza, esponendo i dati raccolti e le riflessioni che ne sono derivate. Da questa analisi critica, sono state avanzate varie proposte per ridurre il *lead time* e quindi gli sprechi di tempo e denaro.

Indice

L'azienda	7
Introduzione	9
Capitolo 1: Lean manufacturing	11
1.1 Introduzione al Lean manufacturing	11
1.2 Il Lean manufacturing	12
1.2.1 Il valore	12
1.2.2 I Muda	13
1.2.3 Il Kaizen	15
1.2.3.1 Il metodo delle "5S"	15
1.2.4 Il takt time	16
1.2.4.1 Dove ridurre il lead time?	17
1.2.5 Il Poka-yoke	18
Capitolo 2: Il processo di produzione delle vernici	21
2.1 Definizione	21
2.2 Materie prime	21
2.2.1 Resine	21
2.2.2 Pigmenti	22
2.2.3 Cariche	23
2.2.4 Solventi	23
2.2.5 Additivi	24
2.3 Tipologie di prodotto	25
2.4 Tecnologia produttiva dei prodotti vernicianti liquidi	26
2.4.1 La dispersione	26
Capitolo 3: Applicazione dei principi Lean alla produzione	33
3.1 Introduzione	33
3.2 Il ciclo produttivo	34
3.3 Considerazioni sul carrello elevatore	41
3.3.1 Utilizzo del muletto	42
3.3.2 Muda e Kaizen del muletto	44
3.4 Problemi di collaudo per i lotti prodotti	48

3.4.1 Gli agitatori.....	48
3.4.2 Collaudi intermedi.....	50
3.5 Spostamenti.....	51
Conclusioni	53
Bibliografia	55

L'azienda

Rinomata sia a livello nazionale che nel mondo, Akzo Nobel Coatings S.p.a. - Divisione Wood con sede a Peseggia, è leader nella produzione di vernici per legno.

L'azienda, fondata intorno agli anni '70 con il nome di ICLA, ha visto il susseguirsi di più imprenditori che ne hanno preso le redini nel corso degli anni, fino a quando, nel 1998, è entrata a far parte dell'universo Akzo Nobel, multinazionale svedese.

In questa, ha assunto un ruolo rilevante nella "Divisione Wood Coatings", il settore dedicato interamente alle vernici per superfici lignee. Si è distinta, infatti, grazie all'impegno profuso, riuscendo ad ottenere un livello di notevole importanza nel proprio ambito operativo.

L'obiettivo principale di Akzo Nobel Coatings S.p.a. - Divisione Wood è quello di sviluppare e produrre vernici per legno per uso industriale, destinate al segmento della distribuzione e della grande industria della lavorazione del legno. Per questa finalità, è stata creata una vasta gamma di prodotti che cerca di venire incontro alle esigenze di ogni singolo cliente.

La struttura dell'azienda è improntata su due linee principali di produzione: vernici a base solvente e vernici ad acqua, conseguentemente gli impianti sono stati pensati per i differenti utilizzi.

Tramite le vernici a base solvente vengono sviluppati in primo luogo prodotti ad essiccazione UV, a base di nitrocellulosa e sintetici, dunque soluzioni destinate a proteggere il legno dall'usura del tempo, valorizzandone l'estetica. Inoltre queste sono impiegate anche nell'ambito della manutenzione con la produzione di oli sintetici.

Le vernici ad acqua trovano invece un utilizzo più ampio: la loro versatilità permette di rispondere alle esigenze più diverse, comprendendo sia prodotti resistenti agli agenti atmosferici, dunque per uso esterno, che vernici per uso interno.

Più in dettaglio nella gamma di prodotti, si possono distinguere molteplici linee produttive, volte a soddisfare tutte le esigenze nel settore della lavorazione del legno:

- Coloranti, patine, glazes
- Impregnanti (trasparenti e colorati)
- Fondi trasparenti
- Fondi pigmentati
- Finiture
- Fondi e finiture a base acrilica
- Poliesteri
- Poliuretanic.

Se da un lato l'azienda impegna parte delle proprie energie nella ricerca e nello sviluppo di nuovi prodotti, coerenti con le nuove tecnologie e con le esigenze del mercato in costante trasformazione, dall'altro non è indifferente alle nuove tendenze manageriali. Ponendo

attenzione alle nuove filosofie di pensiero, Akzo Nobel cerca di migliorare la propria gestione manageriale, con un conseguente progresso e un valore aggiunto del prodotto finale.

Introduzione

Questa tesi si propone di valutare come si possa conciliare la gestione manageriale del *Lean manufacturing*[1] con la produzione di vernici per legno, quale quella attuata presso l'azienda Akzo Nobel Coatings S.p.a. di Peseggia.

Il *Lean manufacturing* è una filosofia di pensiero che permette notevoli progressi dal punto di vista gestionale della produzione. Può essere adottata in molteplici campi operativi, poiché permette una visione più critica nei confronti dell'intero apparato produttivo. Ogni singola azione è standardizzata e messa in relazione con le operazioni a essa correlate tramite il flusso produttivo. Dunque, non singole unità di processo indipendenti l'una dalle altre, ma azioni essenziali legate da una logica produttiva.

Si chiariscono i concetti basilari sui quali s'incentra il *Lean thinking*[2] partendo dalla ridefinizione di "valore" e dalla determinazione dei principali *Muda*[3], ovvero gli sprechi che vengono coinvolti nel processo produttivo.

Si cerca inoltre di andare al di là della mera delucidazione sulle nozioni teoriche. Il concetto basilare sul quale si fonda il processo di 'snellimento' è il *Kaizen*[4], il miglioramento, semplice o complesso che sia, tramite il quale è possibile eliminare gli sprechi. È una trattazione lineare che parte dal rovesciamento di concezioni tradizionali, introducendo nuovi punti di vista, che comportano il riconoscimento dei *muda* e i conseguenti *Kaizen*. Questo, per ridurre gli sprechi e aumentare il valore del prodotto finale richiesto dal cliente.

Si è approfondito, dunque, quello che può essere uno stretto legame tra l'innovazione snella e la tradizionale industria per vernici. Partendo dal consueto ciclo di vita di quest'ultime, sono stati analizzati alcuni prodotti, osservandoli con atteggiamento critico e cercando di applicare il pensiero *Lean*.

Si esprimono inoltre le difficoltà incontrate nello standardizzare un processo che è caratterizzato da infinite variabili: non è una catena di montaggio predefinita ma, per la quasi totalità, un lavoro manuale, soggetto alle imprecisioni umane.

Nel capitolo conclusivo vengono ripresi gli aspetti che maggiormente influenzano il ciclo di produzione di una vernice per legno, mettendo in evidenza quali siano gli atteggiamenti negativi e quali, invece, possono essere le innovazioni da introdurre.

Capitolo 1:

Lean manufacturing

1.1 Introduzione al Lean manufacturing

L'obiettivo principale di un'azienda deve essere quello di aumentare i profitti. In questo periodo di crisi economica, il raggiungimento di tale traguardo risulta ai più difficile, se non impossibile.

Per aumentare il profitto, si può agire lungo due direzioni differenti: da una parte si può aumentare il prezzo del prodotto finale, dall'altra si va a modificare quello che è il costo del prodotto stesso per l'azienda.

Si può facilmente notare come le concezioni siano fortemente diverse. La prima è una visione rivolta verso l'acquisto da parte del cliente, soggetta però alle variabili del mercato globale e della concorrenza. La seconda, invece, è influenzata in maniera minore rispetto ai fattori esterni e permette di focalizzare l'attenzione più sull'azienda e sul settore della produzione.

Non curarsi del costo di produzione, ma imporre il prezzo del prodotto basandosi solo sulle dinamiche di vendita è una visione alquanto limitata. Può andare bene in momenti favorevoli, quando la situazione comporta un sostanziale profitto, ma risulta essere una concezione ottusa quando incombe un crollo dei prezzi. Infatti, non si può intervenire in maniera sostanziale su questi perché non è il produttore che decide, ma il compratore o, al più, fattori esterni. Viene definito un orientamento all'indietro, poiché il prezzo del prodotto, quindi il profitto dell'azienda, viene a determinarsi solo negli atti finali, ovvero nel rapporto venditore-compratore.

Si può parlare di un orientamento in avanti, invece, quando una riduzione drastica dei costi consente un avvicinamento più sistematico nei confronti del prezzo finale. Ecco dunque che, con un approccio proattivo, si può far fronte in maniera rapida a improvvisi inconvenienti, mantenendo comunque un profitto.

Infatti, considerando principalmente l'aspetto produttivo, si è più indipendenti rispetto al settore di mercato in cui si opera. Una riduzione degli sprechi durante la produzione comporta un margine di profitto più largo poiché il prezzo finale può variare con più facilità rispetto alla concezione opposta. Si risulta essere più competitivi e con una capacità d'adattamento maggiore rispetto a concezioni tradizionali.

Il *Lean manufacturing* si presenta dunque come un'ottima opportunità per inserire all'interno del contesto aziendale questa nuova concezione.

1.2 Il Lean manufacturing

Il *Lean Manufacturing*, tradotto in italiano in produzione snella, è una filosofia industriale concepita e collaudata all'interno degli impianti di produzione Toyota.

È una nuova corrente di pensiero che ha preso il sopravvento dopo la dimostrazione di netta superiorità, ottenuta tramite il confronto con altre gestioni produttive.

La chiave di volta della concezione *Lean* è il valore del prodotto: si possono mantenere i prezzi ad un livello concorrenziale elevato, pur ottenendo un ingente profitto. È possibile ottenere ciò ponendo attenzione agli aspetti che realmente comportano un aumento del valore aggiunto del prodotto, eliminando le azioni accessorie che inducono solo a uno spreco di denaro.

Inizialmente sarà di vitale importanza imparare a riconoscere questi sprechi, *Muda* in giapponese, che possono essere evidenti oppure insiti nei meccanismi adottati e quindi di difficile riscontro. È una fase essenziale nell'opera di riduzione dei costi, in quanto, solo dopo aver riscontrato quali sono gli errori commessi durante il processo produttivo, si sarà in grado di operare negli ambiti che ne hanno maggiormente bisogno, apportando i miglioramenti richiesti.

Il miglioramento, il *Kaizen*, è l'obiettivo ultimo della filosofia *Lean*. Solo dopo aver capito quali sono gli errori commessi, sarà possibile cambiare e quindi avvicinarsi a una riduzione dei costi. È da intendere come un progresso continuo, il cui fine ultimo è la perfezione.

1.2.1 Il valore

“Spreco è tutto ciò che non è utile al cliente”.

Questa è una frase significativa, che permette di capire quale sia il valore che deve caratterizzare il prodotto. Nella concezione *Lean* non si parla solo di valore, ma di valore aggiunto: tutte le operazioni devono essere rivolte ad aumentare la ricchezza del prodotto. Si può ben capire che le azioni che non hanno nulla a che vedere con quello che è il risultato finale, ma che comunque fanno parte del processo produttivo, costituiscono solo degli sprechi. Oltre alle operazioni accessorie, che dovrebbero essere eliminate definitivamente, bisogna porre attenzione anche alle modifiche che vengono apportate agli step di produzione. Infatti ogni risorsa (energie, denaro, manodopera, ecc..) deve portare ad un progresso, in caso contrario risulterà anche questa uno spreco.

Le aziende tradizionali fissano il prezzo di vendita basandosi su quello che ritengono possa sopportare il mercato. A questo punto lavorano a ritroso andando a stabilire il livello accettabile di costo per assicurarsi un adeguato margine di profitto, operazione che va compiuta ogni volta che si intraprende lo sviluppo di un nuovo prodotto.

Le imprese snelle guardano l'insieme di prezzo e caratteristiche offerte al momento ai propri clienti dalle aziende tradizionali e si chiedono quanti costi si potrebbero evitare applicando le metodologie *Lean*. Si chiedono dunque quale sia il costo di quel prodotto senza *muda*, una volta eliminate le fasi non necessarie del processo. Ovviamente il target che si raggiungerà sarà ben al di sotto dei costi affrontati dalle altre aziende.

A questo punto l'impresa snella si troverà in una posizione di netta superiorità rispetto a quelle tradizionali e avrà più possibilità di scelta: potrà ridurre i prezzi e quindi aumentare il volume delle vendite oppure potrà mantenere il livello delle concorrenti ma aumentando le caratteristiche e le potenzialità del prodotto.

1.2.2 I *Muda*

Muda è un termine giapponese che sta ad indicare le attività inutili, che dunque non aggiungono valore o sono improduttive. È di vitale importanza saperle riconoscere, poiché è il primo passo per ridurre i costi di produzione.

Si può ben capire che tutte le operazioni che non sono utili allo scopo finale, cioè ottenere il prodotto richiesto dal cliente, sono solo uno spreco di risorse e di denaro.

Non bisogna farsi trarre in inganno pensando che, se una produzione genera profitto, allora è priva di *Muda*, poiché essi sono sempre presenti e riconoscerli permette di abbassare ancor più il costo di produzione.

Dunque è indispensabile saper distinguere le operazioni che compongono una determinata lavorazione, poiché, riconoscere le azioni non necessarie, permette di intervenire in maniera immediata ed efficace.

Si possono quindi identificare:

- *Muda*: fenomeni ed effetti che non innalzano il valore aggiunto. Quindi sono movimenti non necessari alle operazioni e che fanno lievitare i costi.
- Operazioni accessorie: operazioni senza valore aggiunto. Non vengono considerate *muda* perché vanno eseguite, ma possono essere comunque migliorate.
- Operazioni nette: operazioni che aumentano il valore aggiunto del prodotto. Bisogna intervenire affinché queste risultino in percentuale maggiore rispetto alle altre.

Essenziale è dunque sapersi porre le domande giuste: “Questa operazione è davvero necessaria?”, “Il modo di eseguirla può essere semplificato?”, “Le modalità di esecuzione sono corrette?”.

Un atteggiamento critico permette, infatti, non solo di eliminare i *muda* più evidenti, ma di scoprire sprechi che ad una prima analisi non sarebbero stati presi in considerazione. L'ostacolo più grande da superare è proprio quello di andare oltre l'abitudine, di non restare radicati ad un determinato *modus operandi* dettato dalla tradizione. Quando l'unico pensiero è “il modo di fare attuale è il migliore”, oppure “si è sempre fatto così, per cui va bene”, già si

cade in errore poiché non ci si pone nelle condizioni di poter rilevare determinati sprechi all'interno della modalità operativa.

Taiichi Onho, ingegnere giapponese e padre del *Toyota Production System*, ha identificato le sette classi principali di sprechi all'interno del reparto di produzione. Questa classificazione risulta essere un ottimo mezzo per riconoscere quelle risorse che vengono utilizzate ma che non comportano un aumento del valore aggiunto del prodotto. Le macrocategorie permettono di comprendere meglio quali siano gli sprechi non visibili e di focalizzare maggiormente l'attenzione su aspetti che prima non erano presi in considerazione.

All'interno del *gemba*, termine giapponese per indicare il settore di produzione, si possono dunque riconoscere:

- Difetti e riparazioni: sono sprechi relativi ad articoli difettosi o che hanno bisogno di costante manutenzione. L'ideale sarebbe tendere al 100% dei prodotti senza difetti.
- Sovraproduzione: è la produzione di prodotti in quantità superiore a quella richiesta oppure prima del momento richiesto. È il senso della produzione *Just in time*, caratterizzata dal più ristretto *lead time* possibile.
- Lavorazione: lavorazioni non necessarie che non comportano alcun avanzamento.
- Movimentazione: trasporti inutili, prelievi e sistemazioni provvisorie, movimenti su lunghe distanze che potrebbero essere evitati. Tutti i movimenti al di fuori di quelli necessari rientrano all'interno dello spreco. Infatti si può ben capire come trasportare sia diverso dal lavoro.
- Scorte: sono sprechi che si hanno quando ci sono semilavorati o scorte in quantità maggiore rispetto a quelle utilizzate. Se c'è troppo semilavorato, ad esempio, è inutile produrre ancora ma è meglio predisporre la manodopera in altre mansioni. Ovviamente la stessa considerazione può essere fatta per i prodotti finiti.
- Movimenti: movimenti ed azioni delle macchine e delle persone che non comportano alcun valore. Inoltre i macchinari devono funzionare al 100% per evitare sprechi in ambito energetico e durante la fase di produzione. Infatti, operare con una macchina completamente funzionante, riduce notevolmente i costi dovuti ad imprevisti non considerati nel piano di produzione.
- Attese: sono le situazioni in cui gli operai si trovano a presidiare semplicemente i macchinari che funzionano e producono in maniera automatica, per cui, pur volendo lavorare, non possono operare con la macchina.
- Rifiuti industriali: sono sprechi che derivano dall'utilizzo di prodotti caratterizzati da troppi imballaggi, oppure da articoli usa e getta. Avere troppi rifiuti comporta uno spreco di risorse e di denaro.

1.2.3 Il Kaizen

Il fine ultimo del *Lean manufacturing* è l'eliminazione dei *Muda*. Ciò è possibile tramite il *Kaizen*.

Il termine *Kaizen*, di origine giapponese, deriva dall'unione di due parole differenti: *Kai* (cambiare) e *Zen* (migliorare). È una parola carica di significato, in quanto non indica il semplice progresso, ma il miglioramento continuo. Un miglioramento che deve tendere alla perfezione perché, solo in questo modo, si sarà in grado di apportare sempre nuove migliorie, non fermandosi quando la situazione appare senza difetti, ma continuando questo processo in modo da eliminare sempre più i costi.

Mantenere una visione critica del ciclo produttivo consente infatti di scoprire i difetti più nascosti, poiché i *muda* accompagnano sempre un'operazione: non esiste un'azione perfetta, ovvero sono sempre presenti delle imperfezioni che possono essere cancellate o modificate in meglio.

Ecco dunque che una perfezione totale non potrà mai essere raggiunta, ma a questa si dovrà tendere per avere lo stimolo e lo spirito consoni ad intraprendere un percorso volto al miglioramento e quindi all'abbattimento dei costi. Fermandosi all'eliminazione dei *muda* più evidenti, non si sarà mai in grado di andare al di là della superficie e quindi cambiare l'essenza del proprio modo di produrre.

D'altra parte introdurre nuovi miglioramenti non è semplice come può sembrare. Gli sprechi evidenti sono quelli che risaltano rispetto alla quotidianità e quindi sono di facile individuazione: ciò permette di isolarli e di eliminarli prendendo le adeguate decisioni. Per *muda* meno appariscenti risulta essere più complicato agire lungo la catena di produzione.

Per attuare il piano di miglioramento continuo che caratterizza la concezione *Lean*, è importante adottare una mentalità differente rispetto ad un approccio più tradizionale. Occorre fare propria una mentalità sistematica, che permetta di considerare il processo nella sua interezza e successivamente suddividerlo in componenti sempre più minimali, fino ad ottenere una serie di operazioni elementari da cui è possibile estrarre lo spreco e dunque rimuoverlo.

1.2.3.1 Il metodo delle 5S

Utile a questo fine è l'adozione della metodologia delle 5S un metodo sistematico e ripetibile per l'ottimizzazione degli standard di lavoro e quindi per il miglioramento delle performance operative. Il metodo delle 5S prende il nome dalle iniziali della pronuncia occidentalizzata delle cinque parole giapponesi che sintetizzano i cinque passi che danno il ritmo alla metodologia. Avremo dunque:

- **Seiri/Sistemazione.** Il concetto sul quale si basa questo aspetto è quello di separare il necessario dal superfluo. Dunque si attua una valutazione iniziale degli sprechi tramite

l'individuazione delle anomalie e la classificazione degli oggetti secondo la frequenza d'uso. Ciò permette l'eliminazione degli oggetti non necessari.

- **Seiton/Ordine.** Ordinare i materiali e gli strumenti per la lavorazione del prodotto in posizioni predefinite e più consone per il relativo uso, consente di minimizzare il tempo dedicato alla ricerca degli oggetti. Questo è possibile determinando la posizione ideale degli strumenti e fissandola in modo che venga mantenuta.
- **Seiso/Pulire.** Per mezzo di un impegno costante e periodico si può effettuare la pulizia sistematica degli strumenti e delle aree di lavoro che consente l'eliminazione delle sorgenti di sporco e permette l'individuazione di molte cause di spreco non evidenti.
- **Seiketsu/Standardizzare.** È un passo molto importante per proseguire verso la strada della perfezione. Infatti, definire delle metodologie ripetitive, permette di continuare l'attività di razionalizzazione delle risorse e degli strumenti senza cadere nuovamente nello spreco.
- **Shitsuke/Disciplin**a. Mantenere e migliorare gli standard ottenuti. Ciò si traduce in una verifica periodica degli standard stessi e in un monitoraggio continuo delle prestazioni. Questo aspetto delle 5S permette inoltre di individuare nuovi obiettivi da raggiungere.

È utile soffermarsi sul significato dei concetti appena descritti in modo da chiarire quale sia l'atteggiamento da assumere se si vogliono apportare dei miglioramenti. La sistemazione delle materie prime e degli strumenti deve essere una predisposizione razionale ed efficiente: si dovrebbe arrivare al punto che anche un visitatore, a cui sono state spiegate le norme comportamentali, riesca a muoversi come un operaio. Infatti il riordino non è uguale ad un semplice allineamento, ogni spazio deve essere predisposto per una determinata funzione in maniera precisa ed inequivocabile. In tal modo si avrà l'arrivo nelle linee produttive di ciò che è necessario, nel momento in cui è necessario e nella quantità che è necessaria.

Anche la pulizia non è un aspetto di secondo piano: sia essa di tipo manutentivo o puramente igienica, consente di lavorare in condizioni di estrema sicurezza e senza intralci che rallenterebbero la produzione. Ciò si traduce in aumento di produttività.

Infine la standardizzazione, tramite l'applicazione quotidiana degli standard raggiunti, automatizza le azioni con una conseguente riduzione dei tempi, abbinata ad un calo degli sprechi.

1.2.4 Il takt time

L'adozione delle norme comportamentali sistematiche sopracitate, comporta una riduzione notevole del *takt time*. Questo termine deriva dalla parola tedesca *Taktzeit*, che letteralmente significa "il tempo dell'orologio", e sta ad indicare il tempo massimo permesso per produrre un determinato prodotto, in modo da soddisfare la domanda del cliente.

Il *takt time* assume un ruolo centrale nel processo di snellimento. Infatti la ricerca e l'eliminazione dei muda viene realizzata proprio per abbattere il tempo di produzione del prodotto, in quanto causano ritardi e imperfezioni. Si provi a pensare come il miglioramento di determinate operazioni, rese più semplici e veloci, oppure la riduzione di guasti imprevisti tramite una manutenzione quotidiana, siano incisive nel calo delle tempistiche. Inoltre un processo più lineare e più veloce permette una risposta immediata alla domanda del cliente: si risulta essere più efficaci nel soddisfare nel minor tempo possibile una richiesta, come far fronte ad un'eventuale incombenza imprevista.

Come si può ben comprendere, un flusso di processo più snello comporta una riduzione ulteriore delle risorse stoccate, sia come materie prime che come prodotti finiti. Rispondere in maniera immediata e avere una conoscenza precisa del *takt time* permette di avere una consapevolezza maggiore delle scorte tenute in magazzino, che altro non sono che denaro in giacenza non utilizzato.

Un *lead time* (termine inglese equivalente al *takt time*) corto promuove una gestione non improntata su una previsione delle richieste future. Una concezione di questo tipo si basa, infatti, sulla probabilità di ricevere una determinata percentuale di ordini, non su numeri precisi, e questo comporta la produzione di grandi lotti di prodotto per avere la possibilità di attingere da questa fonte per rispondere in maniera adeguata alla richiesta. Questo coinvolge una giacenza smisurata di materie prime e di prodotti finiti per far fronte alle necessità. In maniera contraria, la produzione veloce del prodotto permette di stoccare in minor quantità non solo i prodotti finiti, ma anche le materie prime per produrli e, se presenti, i semilavorati intermedi.

1.2.4.1 Dove ridurre il lead time?

Per ridurre il *lead time* di produzione si può operare su diversi aspetti che di seguito vengono considerati.

1. **Modifica della linea di produzione e creazione di un flusso più veloce.** Infatti è essenziale creare una linea in cui è possibile fare a meno di movimentazioni, scorte e set up dei macchinari eccessivi.
2. **Diminuzione dei lotti di produzione.** Il concetto basilare è il “one-piece-flow”, ovvero la produzione di un pezzo alla volta, in modo da limitare fortemente le giacenze e ridurre il *lead time*.
3. **Livellamento (*heijunka*) nella sequenza di produzione.** Su una sola linea è fondamentale che si faccia una produzione mista, dove non è fabbricato un solo prodotto ma vengono realizzati più articoli. Grazie al livellamento nella sequenza produttiva, si arriva ad annullare le differenze nei tempi di lavoro dovuti ai diversi tipi di prodotti, si realizza un bilanciamento nelle movimentazioni e nelle lavorazioni e si

ha equilibrio sulla linea. L'ideale è la realizzazione di una linea perfetta con un'ampia possibilità di utilizzo.

4. **Riduzione dei tempi di set up.** Per ottenere una produzione di piccoli lotti, è fondamentale ridurre i tempi di attrezzaggio, che può essere distinto in *set up* interno, se viene fatto a macchina ferma, e *set up* esterno, che può essere eseguito con il macchinario in funzione.
5. **Riduzione degli sprechi all'interno dei processi.** Per diminuire il *lead time*, bisogna migliorare la linea e ridurre in modo efficace gli sprechi. Per questo fine si attua la standardizzazione delle operazioni.
6. **Implementazione di una gestione a vista.** È necessario realizzare degli strumenti che permettano di verificare con precisione i volumi prodotti rispetto al programma oppure di controllare se vi sono delle anomalie all'interno della catena produttiva.
7. **Eliminazione del tempo di ricerca degli oggetti grazie alla piena applicazione delle 5S.** Bisogna sottolineare come la ricerca di materie prime e strumenti non coincide con il lavoro: non rientra nel tempo di produzione perché non comporta un valore aggiunto e quindi rientra nella categoria degli sprechi.
8. **Impegno a non fabbricare prodotti difettosi.** Bisogna consolidare il sistema per il quale la qualità viene creata all'interno dei processi. La riduzione massiva dei difetti lungo il processo può essere effettuata tramite il concetto di *Poka-yoke*.

1.2.5 Il Poka-yoke

Il *Poka-yoke*[5], letteralmente “a prova di scimmia”, è un concetto nato all'interno della filosofia *Lean*, che prevede l'eliminazione della totalità dei difetti possibili durante il processo produttivo. Infatti, sia nelle catene automatizzate che, a maggior ragione, negli impianti in cui è coinvolta una percentuale di manodopera, si possono verificare delle imperfezioni che aumentano i costi del prodotto in quanto implicano sistematici controlli della qualità e un aumento del *lead time*.

Si possono presentare diversi tipi di difetti, che però possono essere raggruppati sotto alcune fonti principali:

- Omessa lavorazione
- Errori di lavorazione
- Errore nel mettere a punto i pezzi da lavorare
- Parte mancante
- Parte errata
- Lavorazione del pezzo errato
- Errore nell'operazione
- Errore nella regolazione e calibratura

- Attrezzature messe a punto non correttamente
- Strumenti e maschere approntati non adeguatamente

Il concetto di *Poka-yoke* porta sul piano pratico a trovare delle soluzioni efficienti in modo da modificare l'azione considerata senza che ne conseguano ulteriori errori. La modifica deve essere tale che, anche volendo, risulta impossibile fare diversamente dall'operazione standard. Come in tutta la concezione *Lean*, lo spirito che muove il concetto di 'a prova di errore' è quello di tendere alla perfezione: solo così, infatti, sarà possibile ottenere una produzione con nessun scarto e quindi abbassare i costi.

Per permettere una più facile interpretazione, sono stati individuati tre tipi distinti di *Poka-yoke*: essi permettono di raggiungere con più facilità soluzioni 'anti-errore' che in precedenza non si erano considerate minimamente e che comportava un passaggio a valle dei difetti. Si distinguono:

- **Il metodo del contatto** (*contact method*): le caratteristiche fisiche di un oggetto (forma, colorazione, ecc...) permettono di distinguere la posizione corretta o impediscono di connettere tra loro degli oggetti evitando i malfunzionamenti causati da un errato contatto.
- **Il metodo del valore fisso** (*fixed-value method*) controlla se è stato compiuto un certo numero di operazioni (p.e.: se sono state avvitate tutte le viti come definito tramite l'operazione standard).
- **Il metodo delle fasi di lavoro** (*motion-step method*) controlla se sono stati eseguiti, nel corretto ordine, tutte le fasi di un determinato processo (p.e.: la spunta degli elementi di una checklist).

Sono considerazioni molto semplici: si tratta di riuscire a definire un segnale che mette in evidenza, qualora si presentasse, un'operazione o uno standard sbagliato. Se infatti si pensa ad un lavoro manuale, pur confidando nelle capacità dell'operatore, la disattenzione è sempre in agguato e può portare a commettere diversi errori. Dunque il *Poka-yoke* permette di lavorare sotto due diversi aspetti: da una parte semplifica le operazioni mentre dall'altra segnala l'eventuale errore. Ciò consente di ottenere alti livelli di qualità e conseguentemente un valore aggiunto più elevato per il prodotto.

La riduzione dei difetti e quindi il mantenimento di uno standard qualitativo è di notevole importanza per un'azienda che vuole abbattere i costi. Infatti, si sente molto spesso parlare circa la percentuale di prodotti difettosi che vengono recapitati ai clienti: bisogna sottolineare come una percentuale dello 0.1 per cento per l'azienda non significa nulla, anzi è un buon margine di errore, d'altra parte per il cliente che riceve il prodotto difettoso, la percentuale di difettosità risulta essere del 100 per cento.

Inoltre è essenziale comprendere come le modifiche o le riparazioni che vengono effettuate al termine del ciclo produttivo non fanno parte del processo: esse sono solo uno spreco. Ecco

perché è molto importante non far passare a valle della catena produttiva i difetti ma eliminarli direttamente nel processo.

Una riduzione totale dei difetti permette quindi di ridurre i costi poiché permette di non impegnare energie e risorse nella riparazione degli articoli difettosi e inoltre consente di stoccare una minor quantità di materie prime, in quanto non si è più legati al fatto di dover riprodurre un lotto che non può essere recapitato al cliente.

In Figura 1.1 sono illustrati i due diversi metodi di controllo della qualità, quello tradizionale e quello applicato nella catena produttiva della Toyota, presa come esempio perché emblema della filosofia del *Poka-yoke*.



Figura 1.1. Due differenti modalità di controllo: un solo collaudo alla fine oppure piccoli step frapposti alle fasi di lavorazione.

Capitolo 2:

Il processo di produzione delle vernici

2.1 Definizione

I prodotti vernicianti sono sostanze liquide o in polvere, capaci di formare una pellicola solida, con caratteristiche di continuità ed aderenza, se depositate in strato sottile su di una superficie. Una definizione più articolata è fornita da W. Neri[6]: "Può essere definito prodotto verniciante una miscela di prodotti chimici che, applicata in più mani mediante una sequenza ben definita, forma una pellicola solida dotata di resistenza meccanica e chimica tale da proteggere il supporto dall'aggressione degli agenti fisici e chimici presenti nell'ambiente e dotata di caratteristiche tali, per quanto riguarda il colore, l'aspetto, il tatto e l'uniformità, da mutare l'aspetto estetico del manufatto verniciato. I prodotti vernicianti che non contengono pigmenti sono denominati vernici, e come tali si presentano trasparenti. I prodotti vernicianti contenenti pigmenti sono invece denominati pitture".

La pellicola solida si forma in due modi a seconda della vernice considerata: per evaporazione del solvente presente in miscela oppure, nel caso dei prodotti all'acqua, dopo aver portato a fusione i componenti solidi.

La creazione del film (la pellicola solida) avviene secondo tre diversi meccanismi:

1. per semplice evaporazione del solvente senza reazioni successive;
2. per reazione della resina con l'ossigeno dell'aria;
3. per reazione tra due resine differenti.

Nella maggior parte dei casi il prodotto verniciante funge sia da protezione che da abbellimento per l'oggetto, in casi particolari, però, si preferisce ricorrere a due differenti prodotti: uno per proteggere e l'altro per abbellire. Questo per rendere al meglio entrambe le funzionalità con prodotti specifici.

2.2 Materie prime

Un prodotto verniciante è una miscela di più componenti, ognuno con la propria funzione, che determinano il risultato finale. In pratica si possono definire cinque tipi di materie prime principali che, miscelati, danno la vernice.

2.2.1 Resine

Le resine sono polimeri solubili nei comuni solventi organici o in acqua (alchidici, acrilici, epossidici, poliuretani, poliesteri, vinilici, ecc.). Sono sempre presenti nella miscela e sono

l'elemento che più influenza le caratteristiche e le prestazioni della vernice . Così, ad esempio, si utilizzeranno resine acriliche o poliestere se alla vernice si chiederanno particolari capacità di conservare la brillantezza ed il colore, e resine epossidiche se invece sono necessarie elevate resistenze agli agenti chimici.

Le più importanti sono:

- le resine alchidiche. Derivano dalla policondensazione di acidi grassi, anidridi e polioli. Le molte combinazioni che si possono avere in base al tipo e alla quantità di materie prime utilizzate determinano una vasta gamma di resine (essiccanti ad aria, a forno, etc..), caratterizzate da una ottima versatilità applicativa e da un costo molto ridotto. Per questo motivo le resine alchidiche trovano largo impiego nell'industria meccanica;
- le resine acriliche. Derivano dalla reazione di polimerizzazione di una vasta gamma di monomeri acrilici e presentano caratteristiche diverse a seconda del monomero di partenza;
- le resine epossidiche. Derivano dalla policondensazione tra bisfenolo A e epichloridrina. Sono caratterizzate dal un alto potere protettivo: sia a caldo che a temperatura ambiente, se entrano in contatto con un secondo componente poliammidico formano un reticolo caratterizzato da elevate caratteristiche meccaniche. Ecco perché i due componenti vengono tenuti separati fino al momento dell'uso;
- le resine poliestere. Hanno un'origine chimica simile alle resine alchidiche, ma senza l'aggiunta di olio. Rispetto a queste conservano la versatilità applicativa, anche se hanno caratteristiche protettive ed estetiche nettamente superiori. In termini di costo, prestazioni e caratteristiche si posizionano tra le alchiliche e le acriliche.

2.2.2 Pigmenti

I pigmenti rientrano nelle categoria delle materie prime per le vernici qualora il prodotto finale risulti essere una tinta. La loro funzione principale, infatti, è quella di conferire al film colore e potere coprente. Sono importanti inoltre poiché migliorano determinate qualità al momento dell'applicazione, come carteggiabilità e durezza, ma d'altra parte aumentano la percentuale di componenti non volatili all'interno della miscela.

I diversi tipi di pigmenti che vengono utilizzati sono divisi in differenti categorie: si avranno pigmenti insolubili organici ed inorganici, pigmenti metallici e ad interferenza e, infine, pigmenti anticorrosivi.

I primi due gruppi sopracitati sono solidi, in genere cristallini, finemente dispersi nella miscela di lavorazione. Per quanto riguarda i pigmenti inorganici i più importanti sono l'ossido di titanio e l'ossido di ferro, caratterizzati da un'ottima facilità di dispersione. La composizione dei pigmenti organici invece risulta essere molto più ampia: grande diffusione hanno i pigmenti organici sintetici, costituiti da sali insolubili di coloranti acidi con adatti

metalli pesanti, molto utilizzati per le loro ottime prestazioni circa la gamma cromatica e la nitidezza del colore

Un tipo particolare di pigmenti sono i coloranti, composti organici solubili, che impartiscono colore ma lasciano inalterata la trasparenza propria del film e si utilizzano perciò nelle finiture trasparenti colorate. Pigmenti e coloranti molto spesso costituiscono i componenti più costosi tra le materie prime.

Da un punto di vista fisico, la particella di pigmento dispersa nel film di prodotto essiccato rappresenta un punto di discontinuità del film stesso, e quindi ne indebolisce le caratteristiche di resistenza, sia meccaniche che chimiche. Esiste una concentrazione critica di pigmento (CPVC, *Critical Pigment Volume Concentration*) al di là della quale il film non è più caratterizzato da una completa continuità materiale, con una perdita notevole di tutte le sue caratteristiche.

Un pigmento è tanto più pregiato quanto maggiore è la sua resistenza alla luce. La scelta di un pigmento, quindi, passa per la ricerca di un equilibrio ottimale tra colore, sua conservazione nel tempo, potere coprente, costo e CPVC.

2.2.3 Cariche

Le cariche presenti in miscela sono sali inorganici insolubili (silicati, solfati, carbonati ecc.). Esse non conferiscono colore né coprenza (contrario della trasparenza), e costituiscono la parte più povera della formula. Nei fondi, negli stucchi e talvolta nelle finiture, svolgono una importante funzione di “riempimento” e facilitano le operazioni di livellamento e di carteggiatura.

2.2.4 Solventi

I solventi sono composti liquidi caratterizzati da un alto grado di volatilità e molte volte utilizzati in miscela tra loro (idrocarburi, alcoli, esteri, acqua, ecc.). La loro funzione principale è quella di permettere la lavorazione delle resine con gli altri materiali presenti nell'impasto, inoltre senza sarebbe impossibile l'applicazione sulla superficie da trattare. Dunque fungono da veicolo tra il legante, la resina, e gli altri componenti dispersi. Poiché si parla di solvente, questo evapora successivamente all'applicazione consentendo la formazione della pellicola solida. Dunque non se ne trova traccia nel film essiccato.

La miscela di solventi che si viene a creare durante la fase di lavorazione deve avere caratteristiche molto importanti, peculiari per il prodotto finale che si vuole ottenere. Dovrà, dunque, soddisfare i seguenti requisiti:

- tenere in soluzione la resina permettendo però un giusto equilibrio tra stabilità della soluzione, concentrazione e viscosità;
- il tempo di evaporazione deve essere tale che da una parte risulti rapido per evitare colature del prodotto applicato, mentre dall'altra non lo deve essere troppo per non

compromettere la continuità materiale del film depositatosi sulla superficie. Dunque un'evaporazione graduale;

- essere tale che, durante la sua evaporazione, la resina non precipiti dalla soluzione.

2.2.5 Additivi

Gli additivi sono prodotti che conferiscono alle vernici particolari caratteristiche in quanto vanno ad agire su determinate proprietà della miscela. A seconda del risultato che si ottiene in seguito alla loro applicazione, vengono suddivisi secondo diverse categorie:

- plastificanti: migliorano l'elasticità della pellicola solida;
- distendenti: permettono di stendere meglio il prodotto sulla superficie;
- anti sedimentanti: impediscono la precipitazione delle particelle più grandi che rimangono in sospensione;
- acceleranti: catalizzando la reazione all'aria con l'ossigeno permettono una formazione più rapida del film secco;
- antipelle: consente un'essiccazione omogenea lungo tutto lo spessore applicato in modo che la pellicola non galleggi su uno strato ancora umido;
- anti ingiallenti: assorbono le radiazioni UV che quindi non vanno a degradare il film.

Gli additivi vengono aggiunti in quantità molto limitate, circa del 3-4% come limite massimo. Bisogna sottolineare come prodotti e dosi siano specifici per il prodotto verniciante preso in considerazione.

In Figura 2.1 sono riportate le composizioni principali di base per i prodotti vernicianti: ovviamente ogni prodotto sarà caratterizzato da una miscela diversa in base alla finalità per cui è stato concepito, in modo da esaltare determinate caratteristiche.

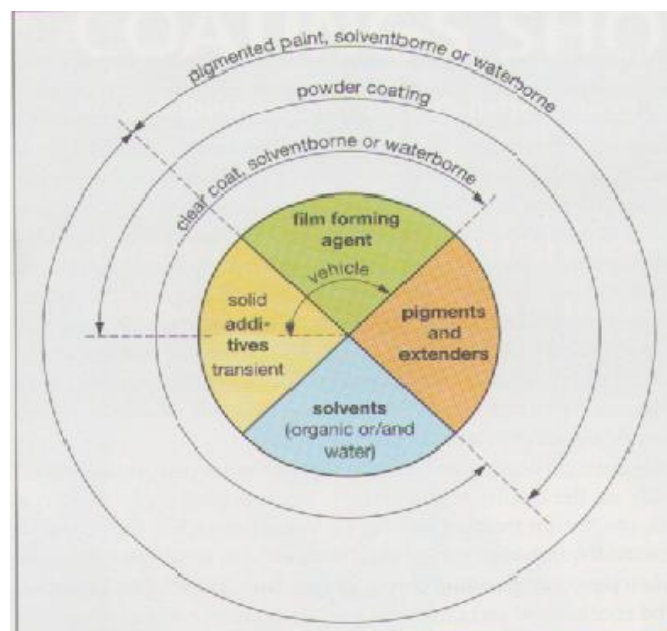


Figura 2.1. *Composizione di base dei prodotti vernicianti.*

2.3 Tipologie di prodotto

Esistono diverse tipologie di prodotto, dalle più tradizionali alle più innovative, conseguenza delle molteplici tecnologie introdotte nel corso degli anni per far fronte a svariati problemi, come la riduzione dei costi e l'impatto ambientale.

- **Prodotti tradizionali:** sono il risultato della costante evoluzione dell'industria per vernici tradizionale. Sono ancor oggi molto utilizzati in quei campi d'applicazione in cui le moderne tecnologie non risultano essere ancora convenienti. Possono dunque essere utilizzati sia nella verniciatura di nastri metallici che in quella esterna ed interna dei contenitori in latta.
- **Prodotti all'acqua:** si stanno sviluppando notevolmente in quanto sono caratterizzati da un minor impatto ambientale rispetto alle vernici tradizionali, poiché limitano notevolmente l'emissione di solventi durante la fase di essiccazione. Essi vengono suddivisi in idrosolubili, in cui l'acqua ha la funzione principale di solvente e quindi di legante per i vari componenti in miscela, e idrodiluibili, dove l'acqua viene aggiunta in seguito come diluente. Sono molto utilizzati in ambito industriale sia per la verniciatura del metallo che del legno.
- **Prodotti ad alto solido:** sono sviluppati per lo stesso fine dei prodotti all'acqua, in quanto diminuiscono la quantità di solvente disperso nell'ambiente. Inoltre, l'alto residuo secco, circa 70-75% in più rispetto ai prodotti tradizionali, riduce i costi di trasporto e applicazione.

2.4 Tecnologia produttiva dei prodotti vernicianti liquidi

La produzione di vernici liquide è relativamente semplice. Un prodotto verniciante, come detto in precedenza, è una miscela di più componenti che risultano in equilibrio tra loro per formare un sistema omogeneo. Questo processo di miscelazione avviene attraverso alcune fasi predefinite che vengono ripetute sistematicamente per ogni lotto di produzione, in quanto le vernici liquide non sono lavorate per mezzo di una linea continua ma tramite reattori batch.

Si possono dunque far riferimento alle seguenti operazioni standard:

- recupero e dosatura delle materie prime che sono coinvolte nella formulazione;
- aggiunta delle materie prime all'interno della vasca di processo;
- dispersione dei componenti della miscela per creare tra loro un contatto intimo in modo da formare un sistema omogeneo;
- stabilizzazione della miscela ottenuta;
- collaudo per verifica dei requisiti;
- filtrazione per eliminare varie impurezze presenti nella soluzione;
- confezionamento.

Si può ben comprendere come la parte essenziale del processo di produzione sia quella della dispersione, che consiste nel cercare di legare il più intimamente possibile le particelle presenti in sospensione con la resina che funge da legante.

2.4.1 La dispersione

Lo scopo della dispersione è quello di creare un composto omogeneo, miscelando le materie prime che inizialmente erano state aggiunte separatamente. Questo processo viene chiamato generalmente omogeneizzazione o, in maniera specifica, dispersione, emulsione o sospensione, a seconda di quale sia il risultato finale.

La dispersione caratterizza quei processi in cui è necessario ridurre gli agglomerati primari in particelle più piccole, portandole ad una distribuzione omogenea in una fase liquida, in questo caso la soluzione di legante.

Il meccanismo sul quale si basa questo processo è l'applicazione di uno sforzo meccanico alle particelle presenti in soluzione. Questo sforzo deve dunque essere in grado di imprimere all'agglomerato una ben determinata forza in modo da ridurlo in particelle più piccole e di omogeneizzare la miscela. Le sollecitazioni di taglio inducono, inoltre, un movimento alle particelle tramite forze tangenziali e perpendicolari, portandole a collidere tra di loro oppure contro la parete del contenitore ottenendo l'effetto desiderato.

In Figura 2.2 sono riportati gli effetti principali che lo sforzo di taglio induce sugli agglomerati: questi subiscono una forza meccanica che induce ad una riduzione delle dimensioni delle particelle, ottenendo così l'effetto desiderato.

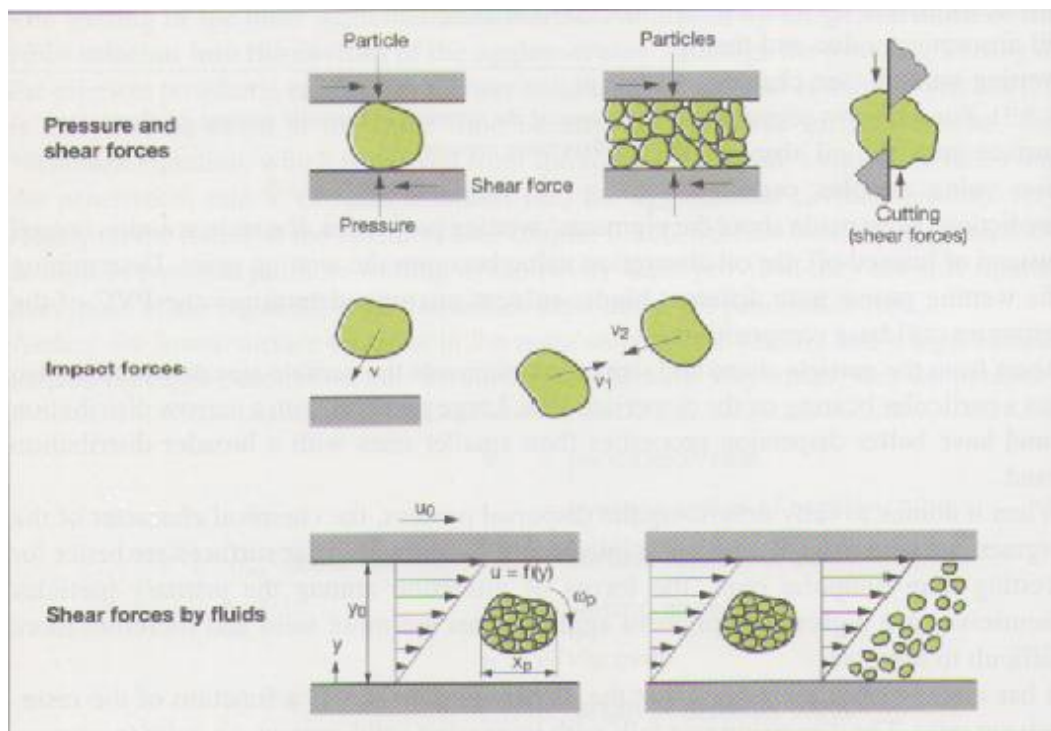


Figura 2.2. Principi di riduzione degli agglomerati tramite applicazione di uno sforzo meccanico.

Sempre per quanto riguarda il processo della dispersione, è utile riferirsi al numero di *Reynold* [7]-[8]: questo valore è in funzione di alcuni parametri, come velocità del fluido e geometria, e indica la tipologia di flusso che caratterizza il sistema preso in considerazione.

$$\text{Re} = \frac{\rho \cdot d \cdot u}{\eta}; \quad (2.1)$$

dove ρ è la densità del fluido, d il diametro del tubo, u la velocità relativa del fluido e η la sua viscosità. Riadattando il numero di *Reynold* al processo di agitazione, poiché in un moto circolare risulta essere $u = \omega \cdot r$ e $\omega = 2 \cdot \pi \cdot n$, possiamo scrivere:

$$\text{Re}' = \frac{\rho \cdot d^2 \cdot \pi \cdot n}{\eta}; \quad (2.2)$$

introducendo dunque il termine n che indica i giri al secondo compiuti nel moto circolare. Quindi, considerando la velocità angolare e , invece del diametro del tubo, il diametro della lama con il quale viene fatta l'agitazione, infine dividendo per π il termine Re' otteniamo:

$$\text{Re}_M = \frac{\rho \cdot d^2 \cdot n}{\eta}. \quad (2.3)$$

Considerando che $\text{Re}_M < 30$ corrisponde ad un moto laminare, $\text{Re}_M > 100000$ indica un moto turbolento mentre nell'intervallo dei due valori si ha un regime transitorio, possiamo definire in due diversi modi lo sforzo meccanico applicato.

Per un moto turbolento si ha che:

$$\tau = 2 \cdot \rho_l \cdot \left(\frac{N}{V} \right)^{\frac{2}{3}} \cdot \left(\frac{X_a}{\rho_a} \right)^{\frac{2}{3}} \quad (2.4)$$

dove ρ_l è la densità del liquido, ρ_a la densità del pigmento, X_a la dimensione degli agglomerati del pigmento stesso e N/V la potenza dissipata per unità di volume.

Mentre per un flusso laminare, partendo dalla relazione di Newton $\tau = \eta \cdot D$, si ottiene:

$$\tau = 2.5 \cdot \eta_l \cdot D. \quad (2.5)$$

Si noti la sostanziale differenza che caratterizza le due diverse espressioni dello sforzo applicato agli agglomerati da ridurre: mentre per il moto laminare sono solo la viscosità η e il gradiente di velocità D le uniche variabili che influenzano le sollecitazioni, quello turbolento è in funzione anche della grandezza delle particelle, che quindi gioca un ruolo rilevante nel

processo di omogeneizzazione e dispersione della miscela. Inoltre si consideri come, per un moto turbolento, non si è in grado di raggiungere dimensioni molto piccole per gli agglomerati in quanto l'applicazione dello sforzo richiederebbe notevoli potenze.

D'altronde, poiché deve essere possibile la trasmissione delle forze di taglio in maniera diretta fino ai livelli della particelle primarie, lo stato di agitazione del flusso deve essere garantito in modo da rendere possibile questa propagazione di forze indipendentemente dalla dimensione degli agglomerati. Dunque, si preferisce sempre l'applicazione di un moto laminare.

Importanti informazioni pratiche circa il consumo di energia e il tempo di agitazione possono essere fornite tramite la generica formula della resistenza applicata al flusso:

$$F_w = C_w(\text{Re}) \cdot \frac{\rho_l}{2} \cdot u^2 \cdot A; \quad (2.6)$$

la resistenza F_w che agisce sulla lama dell'agitatore è in funzione del fattore d'attrito C_w , della densità del liquido ρ_l , della superficie A soggetta al flusso e del quadrato della velocità u . Il valore di quest'ultima è riferito al punto più esterno della lama dell'agitatore.

Dato che la potenza L corrisponde al lavoro per unità di tempo, si ha che $L = F_w \cdot s / t = F_w \cdot u$, quindi:

$$L = C_w(\text{Re}) \cdot \frac{\rho_l}{2} \cdot u^3 \cdot A. \quad (2.7)$$

Se la velocità u è riscritta nella forma $u = \omega \cdot r = \pi \cdot n \cdot d$, dove n = velocità rotazionale, d = diametro e r = raggio agitatore, e se l'altezza e il diametro di un agitatore generico sono sempre nello stesso rapporto ($h/d = k$), indipendentemente dalla superficie totale così che $A = k \cdot d^2$, poiché $A = h \cdot d$, segue che:

$$L = C_w(\text{Re}) \cdot \frac{\pi^3}{2} \cdot u^3 \cdot d^5 \cdot k \cdot \rho_l. \quad (2.8)$$

Se ora vengono incorporate le costanti e tutte le variabili che sono in funzione di Re , il risultato è l'indice Newtoniano di prestazione $Ne(\text{Re}_M)$.

$$L = Ne(\text{Re}_M) \cdot n^3 \cdot d^5 \cdot \rho_l. \quad (2.9)$$

“ Ne ” è un valore che può essere determinato quando il consumo di energia del modello ideale di agitatore è calcolato in funzione della velocità di rotazione. La similitudine geometrica tra il sistema di produzione in scala ridotta e quello reale è un requisito necessario che permette

di riproporre il risultato su larga scala. Ricavando Re_M dai processi di agitazione più rilevanti e “Ne” come valore tabulato, si può definire il valore del consumo energetico.

In figura 2.3 è riportato il diagramma che permette di definire l’indice di prestazione “Ne” in funzione del numero di *Reynold* adattato al processo di agitazione e in base alla scelta dell’agitatore effettuata.

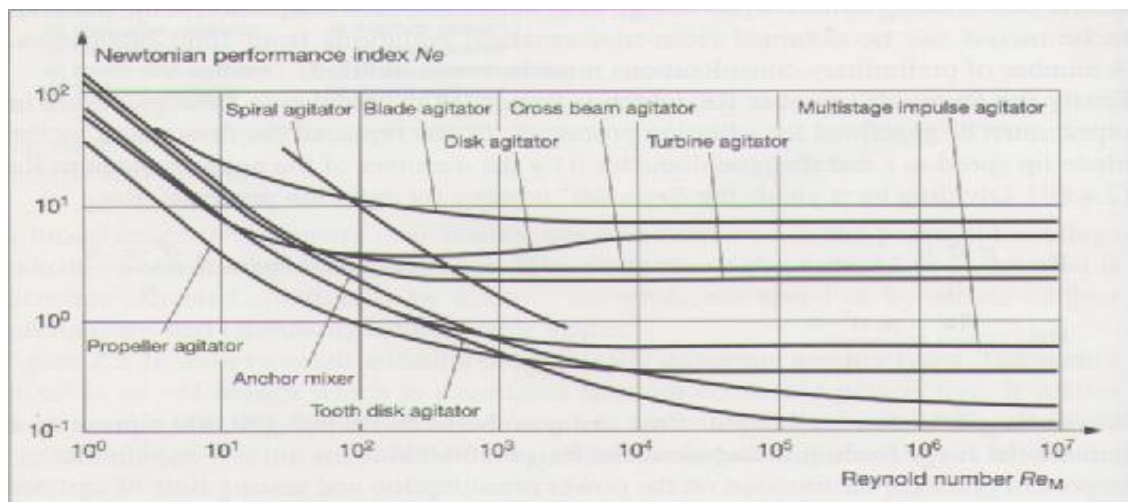


Figura 2.3. Diagramma per definire l’indice di prestazione Ne per diversi metodi di agitazione

Per la produzione di un generico prodotto verniciante la dispersione non deve essere estremamente bassa. Dunque risulta essere sufficiente il lavoro svolto da agitatori che normalmente vengono utilizzati per effettuare pre-dispersioni o pre-omogeneizzazioni. Questa scelta comporta soprattutto un risparmio dal punto di vista energetico, poiché la potenza che caratterizza questi strumenti adibiti ai primi atti di una miscelazione è alquanto limitata rispetto ad agitatori che ottengono gradi di dispersioni maggiori.

Gli strumenti che vengono utilizzati per disperdere i componenti in miscela sono vari e caratterizzati da un ampio range di designs. D’altronde hanno tutti lo stesso principio di base: trasmettere uno sforzo di taglio in un moto laminare per ridurre e separare gli agglomerati. Tra i più importanti strumenti utilizzati nell’industria delle vernici vi sono i dispersori.



Figura 2.4. *Agitatore per uso industriale.*

Questi sono agitatori caratterizzati da un disco rotante che riesce a trasmettere uno sforzo meccanico al sistema (solvente + soluti) capace di portare la miscela al grado di dispersione adeguato. D'altra parte questo obiettivo può essere raggiunto solo se vengono applicate determinate condizioni che risultano essere peculiari nella produzione del prodotto verniciante desiderato. Si andranno dunque a considerare forma e dimensione del contenitore e del disco agitante, nonché il rapporto reciproco tra entrambi, velocità di rotazione e livello e composizione ottimale della miscela.

Per generare il flusso laminare necessario vasca e agitatore devono avere una determinata configurazione. Per ottenere una dispersione ottimale il diametro del contenitore deve essere circa 2.5-3 volte maggiore rispetto a quello del disco, inoltre questo deve essere posto ad una distanza dalla base di 0.5 volte e dal battente del liquido di 2 volte il diametro del disco agitante.

Caratteristica che influenza notevolmente il risultato finale è la velocità periferica dell'agitatore: da risultati sperimentali, sia da prova in laboratorio che su scala produttiva, si è constatato come il range di velocità entro il quale è opportuno operare è di circa 18-24 m/s per le vernici a base solvente, mentre risulta essere di 10 m/s per pitture opache per interni in emulsione. La velocità periferica è in funzione del diametro del disco agitante, che gioca un ruolo fondamentale anche in questo caso. Infatti:

$$u_A = \omega \cdot r \geq 24 \text{ m/s}; \quad (2.10)$$

risulta essere infine:

$$24 = 2 \cdot \pi \cdot n \cdot r \quad \text{o} \quad n = \frac{24}{D \cdot \pi} . \quad (2.11)$$

Come detto in precedenza, anche la forma del disco influenza il processo dispersivo: è simile alla lama di una sega circolare caratterizzata da denti rettangolari posti a 90° rispetto al disco e in maniera alternata nei confronti delle sue due facce. La dentatura riduce in parte gli agglomerati sia creando variazione di pressione, causati dall'alternanza dei denti, sia attaccando direttamente le particelle rendendole più piccole, inoltre assicura una migliore circolazione nel processo dispersivo con forza tensionali locali. Infine, per mantenere un gradiente laminare è essenziale che l'albero dell'agitatore sia perfettamente verticale.

La maggior parte del lavoro non avviene, come erroneamente si pensa, in prossimità della lama, ma piuttosto orizzontalmente dietro al disco stesso. Sono i differenti cammini che il liquido compie a causa della posizione non centrata dell'agitatore e le diverse forze a cui esso stesso è sottoposto che causano la dispersione, promossa dalle zone alternate di bassa e alta pressione, conseguenza della dentatura.

Bisogna prestare ulteriore attenzione alla natura del fluido preso in considerazione, si possono infatti verificare un'incompleta circolazione della miscela e un'insufficiente dispersione per fluidi tixotropici e pseudo plastici. Mentre per un flusso dilatante si può avere un aumento considerevole della potenza qualora si avesse un incremento ulteriore della velocità.

Se dunque con le dovute proprietà reologiche, lo sforzo di taglio risulta essere sufficiente, il dispersore può essere un ottimo strumento per ottenere rapidamente un prodotto col giusto grado di dispersione. Generalmente questo processo viene completato nel giro di 15 minuti, con una dimensione minima delle particelle di circa 10 µm, sufficiente per il fine a cui sono destinati i prodotti vernicianti.

In sostanza la strumentazione completa è costituita da un agitatore fisso e un contenitore mobile che può essere posizionato al di sotto del braccio meccanico per permettere l'agitazione. La capienza della vasca varia in base al lotto di produzione: può andare dai 100 l fino ad un massimo di 5000 l, così come la potenza erogata varia in base al prodotto trattato, da un minimo di 25 kW fino ad un limite di 200 kW.

In Figura 2.5 sono illustrati in quali rapporti devono stare le dimensioni dell'agitatore rispetto alla vasca di produzione e al battente del liquido per ottenere una dispersione ottimale.

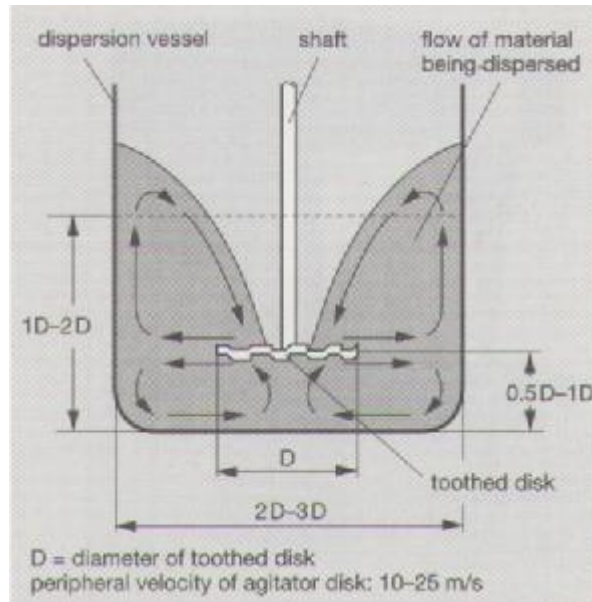


Figura 2.5. Dimensioni agitatore-vasca mobile per una dispersione ottimale.

Capitolo 3

Parte sperimentale

3.1 Introduzione

In questo capitolo si descrivono gli aspetti che sono stati maggiormente affrontati durante l'esperienza di tirocinio: sono ripresi i principi del *Lean manufacturing* applicandoli nella realtà all'interno dell'azienda ospitante. Sono dunque approfonditi i principali problemi che gravano sul percorso produttivo, analizzandoli e risolvendoli attraverso una mentalità snella, cercando di migliorare, laddove sia possibile, quelle operazioni che comportano solo uno spreco di tempo e denaro.

Fin da subito si è sentita l'esigenza di adottare un metodo sistematico per affrontare la complessità del ciclo produttivo. Se da un lato gli sprechi maggiori risultavano evidenti anche ad una persona estranea, dall'altro, per scovare i *Muda* più nascosti, è stata necessaria una trattazione completa del processo di produzione per averne una conoscenza dettagliata, senza lasciare nulla al caso. È stata un'azione significativa nel lavoro di riduzione degli sprechi poiché ha permesso una prima importante valutazione delle condizioni operative e, in particolar modo, l'individuazione delle operazioni standard che venivano coinvolte nella produzione.

Prendendo a titolo indicativo alcuni prodotti, è stata seguita la loro produzione fin dall'inizio, dalla raccolta delle materie prime fino agli ultimi istanti del confezionamento, misurando le tempistiche, il modus operandi e i mezzi utilizzati. Questo ha permesso di riconoscere i *Muda* e di concentrare risorse ed energie nella loro eliminazione.

Tramite una visione complessiva del processo produttivo si è stati dunque in grado di intraprendere una ridefinizione delle operazioni standard sulla base dei principi di *Lean manufacturing*, in contrapposizione a quelle che erano le modalità di produzione tradizionali. Il lavoro è stata alquanto difficile poiché non è stato possibile poter affrontare tutti quegli sprechi riscontrati e che ormai facevano parte integrante dell'abitudine giornaliera, ecco perché si è cercato di porre maggior attenzione a quelle componenti produttive che comportavano i danni maggiori. Da questo punto di vista è stato molto utile il dialogo instauratosi con gli operai: ha permesso di avere più chiavi di lettura del ciclo produttivo, dunque sia attraverso gli occhi manageriali, ma anche tramite quelle persone che con i prodotti verniciati si sporcano le mani quotidianamente.

3.2 Il ciclo produttivo

Nell'intraprendere l'analisi di una catena produttiva, in modo da individuare ed eliminare i *Muda*, è essenziale avere una conoscenza profonda dell'intero processo, in ogni suo dettaglio, perché solo in questo modo si può essere consapevoli di quali siano le operazioni errate e che non comportano alcun valore aggiunto.

Per questo motivo si è convenuto fin dall'inizio di porre come primo obiettivo quello di definire i vari step produttivi, solo in tal modo si può avere una consapevolezza adeguata di quelle che sono le operazioni standard che sostengono l'intero processo. Questa è una tappa fondamentale da non evitare assolutamente perché, solo lavorando in questa direzione, si è in grado di distinguere azioni necessarie, azioni accessorie e quelle che invece costituiscono solo uno spreco per l'azienda.

La soluzione operativa adottata si può ritenere tanto semplice quanto efficace: nella produzione di un prodotto verniciante vi sono alcune operazioni elementari che sono la base del processo e dalle quali non ci si può scostare, d'altra parte ogni azienda può interpretare gli step di produzione secondo le proprie esigenze. Si può infatti pensare come un ciclo produttivo possa essere notevolmente influenzato dal tempo che occorre al trasporto delle materie prime o da quello che necessita a causa del loro posizionamento, oppure in base agli strumenti a disposizione per ottenere il prodotto. Vi deve essere una conoscenza specifica delle modalità di produzione e per questo la scelta fatta è risultata ottimale: seguire passo a passo l'evoluzione di un singolo prodotto e prendere nota di tutte le azioni compiute dall'operaio nello svolgimento di questo e di tutti gli strumenti utilizzati, nonché delle tempistiche relative ad ogni singola operazione. Ciò ha permesso di rendersi maggiormente consapevoli del peso che i *Muda* avevano nel processo produttivo.

È stata una decisione che ha comportato due grandi vantaggi come individuare fin dall'inizio le parti di lavorazione inutili e creare un rapporto più stretto col personale. Proprio quest'ultimo aspetto è stato di grande aiuto, perché la conoscenza del lavoro manuale e delle dinamiche presenti nel settore produttivo ha consentito di coinvolgere anche gli operai, i quali hanno dato un apporto notevole esprimendo i loro dubbi e i loro pensieri innovativi. Chi meglio di loro può comprendere il mondo nel quale lavorano?

Sono riportati dunque i dati ottenuti osservando il ciclo di produzione di alcuni prodotti scelti tra i vari reparti. In Tabella 3.1 sono riportati i dati raccolti nella produzione del prodotto A, una finitura acrilica UV. Nella prima colonna vengono elencate le azioni svolte dall'operaio e le operazioni più significative per il processo di produzione, mentre nella seconda viene indicato il tempo per compierle. Nella terza colonna vengono specificati gli strumenti utilizzati mentre nella colonna 'chart' sono numerati gli spostamenti effettuati dall'operaio nell'allontanarsi da quella che era considerata la zona di lavoro principale, dunque operazioni che richiedono un tempo aggiuntivo nella lavorazione e che quindi sono state particolarmente

analizzate. Per ogni prodotto, inoltre, vengono riportate le osservazioni negative che hanno caratterizzato in particolar modo quel dato processo, quindi ritenute inutili o accessorie e per questo eliminabili o modificabili.

Tabella 3.1. Dati raccolti relativi al prodotto A, realizzato nel reparto di produzione 7 alle ore 13.45 del 16/05/2012.

AZIONE	TEMPO/ORA	STRUM.	NOTE	CHART
16/05				
LAVORAZIONE IMPASTO VASCA MOBILE				
Recupero e aggiunta da cisterna di 1Z125	5 min	Muletto		1
Aggiunta da catenaria di 7Z040	1 min 12 sec			
Raccolta materie prime con pesata generale	14 min 30 sec		Materiale al 2° piano dello scaffale: aiuto con il muletto	2
Pesata precise materie prime	5 min 5 sec		8S194;8H121;8S126; 8U051;6M148;6S053	
Trasferimento vasca mobile 1° reparto	4 min 15 sec	Muletto		3
Aggitatore occupato/operaio in laboratorio	3 min 48 sec		Verifica dell'operaio del collaudo del prodotto	4
Aggiunta altro prodotto	5 min		Prodotto seguito e muletto fermi	
Ricerca e set up nuovo aggitatore	10 min		Aggitatore non adatto?muletto fermo	5
Trasporto vasca mobile e posizionamento sotto aggitatore	5 min	Muletto. AG18	Difficoltà manovra per ingombro vasche	6
Inizio agitazione	Ore 15.15	AG18	Velocità ridotta 600 giri/min	
Verifica conformità aggitatore	3 min 5 sec			
Aggiunta 7G004;8S126	15 min			
Aggiunta e riposizionamento 6M148	7 min		Ricerca bilancia per pesata	
Recupero e aggiunta 8S388	3 min 30 sec			7
Aggiunta 6S053	5 min			
Fine agitazione	Ore 17.00	AG18		
LAVORAZIONE IMPIANTO FISSO				
Recupero cisterna	3 min 40 sec	Muletto		8

1Z144				
Set up pompa	4 min 40 sec	Pompa		
Pompaggio 1Z144				
Scarico cisterna vuota	4 min	Muletto		9
Inizio agitazione	Ore 16.15	Impianto fisso		
Aggiunta da catenaria di 1HB32	11 min			
Recupero 7G004	4 min			10
Recupero 8S169	7 min	Muletto	Collocamento materie prime 2° livello impianto	11
Aggiunte varie	12 min		8S388;7Z040;7G004; 8S126;8H121;8S194 Preparazione soluzioni	
Fine agitazione	Ore 16.50			
Spiegazione	15 min		Tempo indicativo	
17/05				
Tempo d'attesa	8.00-14.30		Manca il personale per completare il prodotto	
Recupero cera	4 min	Muletto		12
Set up pompa	2 min	Pompa		
Pompaggio cera	3 min	Pompa		
Ricollocamento cera in magazzino	1 min 30 sec	Muletto		13
Recupero impasto dal 3° reparto	9 min	Muletto	Pulizia agitatore	14
Pompaggio impasto	7 min 30 sec	Pompa		
Recupero 1Z076	3 min 50 sec	Muletto	Durante pompaggio impasto	15
Pompaggio 1Z076	7 min 30 sec		Comprende il lavaggio della pompa	
Recupero 8T081	10 min	Muletto	Difficoltà nel recupero perché troppo ingombro	16
Aggiunta 8U051	3 min 20 sec			
Aggiunta 2W048 da catenaria	6 min 20 sec			
Inizio agitazione	Ore 15.30			
Aggiunta prodotto finito sfuso	4 min 20 sec			
Aggiunta addensanti	5 min		8T336; 8T081	
Recupero latte da magazzino prodotti finiti	15 min	Muletto	12 x 25 kg 2023215Z6D	17
Aggiunta 7Z040 da catenaria	2 min 30 sec			
Aggiunta 2023215Z6D	10 min 35 sec			
Trasporto rifiuti	12 min	Muletto	Uso della pressa per le latte. Differenziazione rifiuti	18
Fine agitazione	Ore 16.55			

Spiegazione	20 min	Tempo indicativo	
18/05			
Attesa collaudo	8.00-14.00		
Collaudo	14.35	Problemi di viscosità. Aggiunta e attesa di 1 giorno	
21/05			
Collaudo		Problemi di opacità	
22/05			
Fine collaudo			
23/05			
Inizio confezionamento	Ore 13.30	Muletto	Cisterne da 1000 l. Muletto per trasporto cisterne confezionate.
Fine confezionamento	Ore 15.30		

Analizzando i dati raccolti, sono state riscontrate alcune anomalie nel processo di produzione che possono essere così riassunte:

- Collocamento dei materiali su più ripiani e quindi utilizzo del muletto.
- Collocamento materiali ad acqua lontano dal reparto di utilizzo.
- Ingombro spaziale delle vasche all'interno dei reparti e del materiale in giacenza.
- Agitatore 7° reparto occupato e quindi utilizzo di un agitatore non consono del 3° reparto.
- Preparazione manuale di soluzioni da aggiungere alla lavorazione.
- Più collaudi con le relative aggiunte.

In Tabella 3.2 sono riportati i dati raccolti circa la produzione del prodotto B, una finitura poliesteri, analizzati e raccolti secondo il metodo utilizzato per il prodotto precedentemente trattato.

Tabella 3.2. Dati raccolti relativi al prodotto B, realizzato nel reparto di produzione 1 alle ore 9.45 del 06/06/2012.

AZIONE	TEMPO/ORA	STRUM.	NOTE	CHART
Recupero 2P188	4 min	Muletto		1
Attesa bilancia	2 min 30sec	Bilancia Muletto	Bilancia occupata. Muletto fermo	
Aggiunta 2P188 e da catenaria 7E003	4 min 15 sec	Muletto	Muletto utilizzato per versare 2P188	
Ricollocamento 2P188 e recupero 6S275	7 min 30 sec	Muletto		2
Set up agitatore con vasca/ aggiunta S1900	5 min 30 sec	AG02		
Inizio agitazione	Ore 9.40	AG02		
Aggiunta 6S275	12 min 23 sec			

Sistemazione sacchi	8 min			
Controllo dispersione	6 min		Verifica campione in laboratorio per controllo dispersione	3
Fine agitazione	Ore 10.18	AG02		
PREPARAZIONE SEMILAVORATO SI908				
Set up vasca	4 min 15 sec	V.M. 08		
Recupero 7R003 e 7K002 da catenaria	7 min			
Set up agitatore/vasca	2 min	AG02		
Recupero 1N143	25 min		Perdita di tempo per ricerca chiavi stanza nitro	4
Inizio agitazione	Ore 11.05	AG02		
Aggiunta 1N143	10 min			
Ricollocamento 1N143	10 min			5
Controllo limpidezza	4 min		La limpidezza è stata controllata visivamente in reparto	
Controllo finale SI908	6 min		Il buono di produzione del semilavorato viene scaricato	6
Set up vasca sulla bilancia	3 min 25 sec			
Aggiunta di 7E096 e 7G004 da catenaria	3 min 32 sec			
Aggiunta di 7M051	5 min 6 sec		Utilizzo di una cisterna già presente in reparto e di una pompa fissa	
Set up vasca principale e vasca semilavorato	3 min 5 sec			
Ricerca muletto	2 min	Muletto	Il muletto utilizzato non è quello assegnato al reparto	7
Aggiunta SI908	3 min 12 sec	Muletto	Vasca semilavorato alzata per mezzo del muletto	
Ricollocamento muletto	2 min 17 sec			
Set up agitatore	6 min 4 sec	AG02		
Inizio agitazione	Ore 11.57	AG02		
Recupero 8S103 e 8S055	14 min 30 sec		Perdita di tempo perché ricerca prodotto come fusto da 25 l mentre giacenza in fusto da 200 l	8
Aggiunta 8S103 e 8S055	3 min 13 sec			
Fine agitazione	Ore 12.20			

Inizio collaudo	
7/06	
Collaudo	Problemi di opacità
8/05	
Collaudo	Problemi di opacità e viscosità
9/05	
confezionamento	

Ponendo attenzione alle informazioni raccolte tramite l'analisi della produzione, si è giunti alla conclusione che questa è caratterizzata da alcuni importanti fattori di spreco che possono essere riassunti nella maniera seguente:

- Perdita di tempo per strumenti già occupati;
- Perdita di tempo per mancata coordinazione tra gli operai;
- Mancata comunicazione della predisposizione delle materie prime;
- Problemi di collaudo.

In maniera analoga al prodotto A, in Tabella 3.3 sono riportati i dati raccolti nella produzione del prodotto C, un fondo poliuretano.

Tabella 3.3. *Dati raccolti relativi al prodotto C, realizzato nel reparto di produzione 3 alle ore 8.45 del 26/07/2012.*

AZIONE	TEMPO/ORA	STRUM.	NOTE	CHART
26/07				
Ricerca vasca	2 min			1
Set up vasca+bilancia	5 min	Muletto		
Ricerca 8T394	8 min	Muletto		2
Aggiunta 8T394	6 min			
Trasporto rifiuti	2 min	Muletto		3
Aggiunta SI988534	5 min	Muletto		
Ricerca 4P041	2 min 30 sec	Muletto		4
Set up cisterna	2 min	Muletto		
Aggiunta 4P041	2 min 15 sec	Muletto		
Riposizionamento 4P041	1 min	Muletto		5
Recupero 3Z484	4 min	Muletto		6
Aggiunta 3Z484	4 min 20 sec	Muletto		
Riposizionamento cisterna 3Z484	3 min 20 sec	Muletto		7
Recupero 7K008	4 min			8
Aggiunta 7K008	2 min	Muletto		
Riposizionamento cisterna vuota 7K008	3 min	Muletto		9
Recupero ulteriore	2 min 15 sec	Muletto		10

cisterna 7K008				
Set up cisterna 7K008	1 min 20 sec	Muletto		
Aggiunta 7K008	3 min	Muletto		
Recupero 8E192	3 min 45 sec		Prodotto già presente in reparto	
Aggiunta 8E192	30 sec			
Riposizionamento cisterna 7K008	2 min 25 sec	Muletto		11
Recupero vasca prodotto finito presente in reparto	5 min	Muletto	Viene recuperato una parte di prodotto finito. È presente un ingombro sterico delle vasche in reparto	
Aggiunta prodotto di recupero	3 min 47 sec	Muletto		
Riposizionamento vasca	2 min 10 sec	Muletto		
Aggiunta 3Z486	7 min 35 sec		Da catenaria	
Aggiunta 7R003	4 min 12 sec		Da catenaria	
Set up agitatore + vasca	15 min	AG 22		
Inizio agitazione	10.40	AG 22		
Recupero 8M055	5 min 13 sec			12
Aggiunta 8M055	3 min			
Riposizionamento 8M055 e recupero 5T205+ aggiunta	5 min	Muletto		13
Trasporto rifiuti	1 min 30 sec	Muletto	Trasporto del sacco nel contenitore dei rifiuti adatto	3*
Recupero 6K383BB	6 min	Muletto	2 big bag	14
Aggiunta 6K383BB	5 min 28 sec	Muletto	1 big bag	
Trasporto rifiuti	1 min 30 sec	Muletto		3*
Omogeneizzazione	6 min 5 sec			
Aggiunta 6K383BB	6 min 43 sec	Muletto	1 big bag	
Trasporto rifiuti	1 min 30 sec	Muletto		3*
Omogeneizzazione	3 min			
Recupero 6K383BB	5 min 39 sec	Muletto	1 big bag	15
Aggiunta 6K383BB	7 min	Muletto	1 big bag	
Trasporto rifiuti	1 min 30 sec	Muletto		3*
Omogeneizzazione e pulitura agitatore	15 min			
Recupero 8H104	4 min		Prodotto già presente in reparto	
Fine agitazione	12.15	AG 22		
Collaudo			Passato il collaudo senza aggiunte	
27/07				
Confezionamento				

Prendendo in considerazione i dati raccolti, sono state effettuate le dovute osservazioni riscontrando alcune importanti fonti di spreco che possono essere schematizzate nel modo seguente:

- Collocamento materiali lontani dal reparto di utilizzo.
- Ingombro spaziale delle vasche all'interno dei reparti e del materiale in giacenza.
- È stato effettuato più volte il trasporto di rifiuti.
- Scheda di lavorazione non sempre rispettata.

3.3 Considerazioni sul carrello elevatore

Come si può ben notare dalla raccolta dati effettuata seguendo la produzione di più prodotti, salta subito all'occhio come si faccia un enorme utilizzo del muletto. Esso risulta essere uno strumento essenziale nella lavorazione di un prodotto verniciante in quanto è impareggiabile per velocità di attrezzaggio e versatilità lavorativa, almeno nel modo di operare all'interno dell'azienda ospitante.

Se da un lato è talmente utilizzato tanto da non poter essere sostituito completamente con un macchinario alternativo, dall'altro il carrello elevatore rappresenta la causa principale di spreco all'interno del settore produttivo. L'uso indiscriminato di questo strumento comporta un numero elevato di richieste che non si riescono a soddisfare: si creano code e attese per poterlo utilizzare e per questo la produzione subisce notevoli ritardi, alterando la linearità produttiva. Si può ben comprendere come si abbia conseguentemente una reazione a catena sull'intero programma produttivo, non solo dello stesso giorno, ma anche i quelli successivi.

Proprio per ovviare a questo problema si è effettuata una statistica con l'intento di avere una maggiore consapevolezza della situazione, poiché si notavano continui ritardi, ma mai questi erano stati quantificati. I dati sono stati raccolti chiedendo al personale del settore produttivo di prendere nota per una settimana di quante volte e per quanto tempo hanno atteso il muletto. È una statistica che ha dato risultati importanti e molto significativi che hanno spinto ad una riflessione più profonda sull'uso di questo strumento, in quanto incide in maniera considerevole sulla tempistica di produzione. Nella riduzione del *takt time* assume dunque grande importanza una rivalutazione dell'utilizzo del carrello elevatore.

Vengono riportati in Tabella 3.4 i dati raccolti con la statistica sui tempi di attesa del singolo operaio e con le successive considerazioni, dedotte dal materiale ottenuto. Per ogni reparto vengono specificati numero di attese e tempo medio per attesa, sono inoltre riportati il numero di addetti per settore e le rispettive attese totali.

Tabella 3.4. *Dati raccolti nella statistica riguardante l'attesa dei muletti: sono riferiti sia alla singola persona che all'intero reparto.*

Reparto	Attesa media (min)	N° attese	N° addetti	Attesa per persona (min)	Attesa per reparto (min)	Attesa per reparto (ore)	Attesa media totale per reparto - (ore/minuti)	
1+6	10,9	11	5	119,9	599,5	10,0	9	59,5
2	18,6	5	2	93,0	186	3,1	3	6
3	18,2	14	4	254,8	1019	17,0	16	59,2
4	11,53	13	4	149,9	600	10,0	9	59,56
7	7,9	7	2	55,3	111	1,8	1	50,6
Media generale	13,4	10	3,4	134,6				
Totale					2515	41,9	41	55

Questi dati però non sono esenti da considerazioni aggiuntive: è vero che è presente un problema di fondo, poiché risulta impressionante un'attesa di 42 ore settimanali, ma questo dato deve essere valutato anche sotto altre chiavi di lettura. Le attese durante il ciclo produttivo non sono caratterizzate solo da un numero esiguo di strumenti a disposizione, ma anche dal modo in cui questi vengono utilizzati.

3.3.1 Utilizzo del muletto

La prima impressione che si può avere indagando sulla problematica del carrello elevatore è che se ne faccia un uso spropositato anche quando non si rende necessario il suo utilizzo. Si è reso dunque necessario uno studio più approfondito circa il metodo e lo scopo per cui esso viene impiegato in maniera costante lungo l'intera giornata lavorativa. Vengono schematizzati nel modo seguente i casi in cui viene utilizzato il carrello elevatore:

1) Recupero materie prime. Il muletto viene utilizzato per il recupero delle materie prime necessarie per la produzione del lotto preso in considerazione. Queste sono predisposte all'interno del magazzino delle materie prime oppure ne sono situate al di fuori. D'altra parte si rende necessario sempre un muletto antideflagrante, in quanto le risorse primarie devono essere trasportate all'interno del reparto, dove avviene la produzione. Vengono riportate le modalità di uso più frequenti.

- **SACCHI:** il peso di alcuni sacchi, che varia dai 20 ai 25 kg, e la loro quantità, necessaria per il prodotto, esigono l'utilizzo del muletto da parte dell'operatore. Inoltre la predisposizione di alcuni materiali su più ripiani, obbliga l'operaio a raggiungere i sacchi con il muletto, in quanto incapace di recuperare direttamente la materia prima.
- **BANCALE CON SACCHI:** grosse quantità di materia prima (intorno ai 500 kg) comportano il recupero di sacchi tramite gli stessi bancali su cui sono predisposti.

- **BIG BAG:** in alcuni casi si rende necessario l'utilizzo dei cosiddetti "big bag" (contenitori da 500 kg di materia prima) e quindi il conseguente impiego del muletto.
- **CISTERNE:** alcune materie prime liquide sono stoccate in cisterne da 1000 litri all'interno del magazzino o al di fuori. Il peso consistente richiede l'utilizzo del muletto.
- **FUSTI (200 KG):** se la richiesta di materie prime contenute nei fusti da 200 kg è alquanto importante questi vengono recuperati tramite il muletto e trasportati nel reparto di produzione.
- **MISTO:** sono state riscontrate occasioni in cui il muletto è servito per il trasporto contemporaneo di più materie prime. Queste possono essere singoli sacchi oppure fusti da 25 litri. Possono essere posizionati a qualsiasi livello dello scaffale.

2) **Trasporto latte.** Il muletto viene impiegato anche nel recupero dal magazzino materie prime delle latte per il confezionamento dei prodotti finiti. Queste vengono trasportate alle zone predisposte nei singoli reparti per il confezionamento nella quantità di 2-3 bancali.

3) **Trasporto vasche.** Il muletto viene utilizzato per lo spostamento delle vasche all'interno del reparto. In determinate situazioni, queste devono essere sollevate per poter essere poste sotto un agitatore oppure sopra una bilancia per l'aggiunta delle materie prime, in modo da controllarne il peso.

4) **Aggiunta di materie prime nella vasca di produzione.** Il muletto risulta utile anche nell'aggiunta delle materie prime o dei semilavorati all'interno della vasca principale, durante la fase di produzione. Vengono descritte alcune azioni in maniera essenziale.

- **DA CISTERNA:** la cisterna viene sollevata tramite il muletto sopra la vasca e inclinata in modo da versarne il contenuto.
- **DA FUSTO:** come per la cisterna, il fusto viene alzato e inclinato sopra la vasca per aggiungere la materia prima.
- **DA BANCALE:** il bancale viene alzato accanto alla vasca per permettere all'operaio di trasportare il sacco sul bordo della vasca e aggiungere la materia prima.

5) **Trasporto prodotti finiti.** Quando il lotto viene confezionato completamente, il bancale con i prodotti finiti viene trasportato all'esterno del reparto per poter essere immagazzinato. Quest'azione viene eseguita alcune volte con il muletto.

6) **Trasporto rifiuti.** Se vengono prodotti dei rifiuti all'interno dei reparti di produzione, il loro stoccaggio nelle aree predisposte avviene, a volte, tramite l'utilizzo del muletto.

7) **Ricezione materie prime.** Le materie prime che arrivano dai fornitori sono stoccate nelle aree predisposte.

8) **Manutenzione.** In caso di necessità, il muletto è munito di un'apposita gabbia di sicurezza per poter alzare il personale che deve eseguire la riparazione.

Dopo questa attenta riflessione si può comprendere come si renda necessario l'intervento del carrello elevatore anche al di fuori dello specifico ambito produttivo. Le sue mansioni, col

passare degli anni, sono diventate sempre più vaste fino a raggiungere livelli di impiego elevatissimi, non strettamente legati però alla lavorazione dei prodotti, comportando attese inutili con un conseguente ritardo per la produzione stessa. Si può ben capire come tutto ciò risulti essere un *muda* evidente che però non è mai stato eliminato: sono 42 ore settimanali perse, che non comportano nessun valore aggiunto, ma anzi sono solo fonte di spreco e di denaro. Queste lunghe attese inoltre influenzano notevolmente il *lead time* di processo poiché dilatano enormemente il tempo impiegato per la lavorazione di uno specifico prodotto.

Per quanto concerne il numero di muletti a disposizione, si ha avuto fin dall'inizio un parere negativo circa il loro aumento, poiché si ha avuto sempre la sensazione che l'utilizzo spropositato fosse dettato da cause di natura abitudinaria piuttosto che da una reale esigenza, inoltre il loro noleggio sarebbe un costo aggiuntivo che l'azienda ha sempre dichiarato di non voler sostenere. Non potendo dunque eliminare questo spreco con l'introduzione di ulteriori strumenti a disposizione del personale, si è cercato di percorrere differenti strade.

3.3.2 *Muda e Kaizen del muletto*

Con il fine di snellire e velocizzare la produzione, sono state avanzate varie ipotesi di miglioramento per la gestione dei muletti all'interno del reparto produttivo, anche se molte hanno riscontrato problemi nella loro applicazione pratica, sia dal punto di vista organizzativo che temporale.

Una delle prime proposte prese in considerazione è stata quella di sostituire il carrello elevatore con altri strumenti a disposizione del personale, in modo da farne diminuire la richiesta di utilizzo e impedirne l'uso per fini non strettamente collegati alla produzione vera e propria. Un'operazione fortemente caratterizzata da sprechi e per di più non consona al prodotto finale risulta essere un doppio danno per l'azienda.

Sono numerosi i dispositivi presenti nel reparto di produzione il cui utilizzo è limitato a specifiche azioni, per le quali non sono possibili alternative: la loro adozione potrebbe però essere estesa anche ad impieghi tradizionalmente riservati al carrello elevatore. Ad esempio l'uso di pompe per la fase di confezionamento, che permettono il passaggio del prodotto verniciante dalla vasca di produzione alla macchina per il filtraggio e il dosaggio per le latte, oppure l'impiego di transpallet anche muniti di bilancia per determinate operazioni di confezionamento che richiedono un'attenzione specifica il peso.

Il transpallet si potrebbe dunque impiegare nel trasporto di alcune materie prime dal magazzino di stoccaggio al reparto di produzione, oppure in quello delle latte per il confezionamento o dei prodotti finiti. Alcuni transpallet dotati di bilancia potrebbero inoltre velocizzare la raccolta delle materie prime, riducendo, in primo luogo, l'impiego del muletto, e, in secondo ma non meno importante, il tempo necessario per questa operazione standard.

Il solo utilizzo del carrello elevatore obbliga infatti gli operai intenti nella raccolta dei materiale a scendere per selezionare le componenti e recarsi alla bilancia più vicina per

controllare la quantità. Se questa, invece, è già incorporata nello strumento utilizzato si riducono i tempi e conseguentemente il *takt time*, poiché è una delle operazioni che maggiormente grava sulle tempistiche di produzione.

Anche l'utilizzo della pompa al posto del muletto potrebbe diminuire in maniera significativa l'uso del muletto e quindi ridurre le conseguenti attese. Dai dati raccolti si nota come si utilizzi il muletto anche nel versare fluidi che occorrono alla produzione, alzando al di sopra della vasca, la cisterna che lo contiene. È un'operazione che richiede molto tempo, circa 15-20 min in media, in cui il carrello elevatore viene impiegato solo per alzare il contenitore: se venisse sostituito da una pompa, si l'operazione di attrezzaggio risulterebbe più lunga, ma si renderebbe libero il muletto per produzioni differenti.

Altro ambito in cui si può intervenire è la gestione dei carrelli elevatori tra i vari reparti. È un aspetto di primaria importanza poiché sono innumerevoli i ritardi e le attese dovuti alla scarsa efficienza nella coordinazione dei mezzi a disposizione. Si consideri come esista una distribuzione dei muletti noleggiati tra i vari reparti, ma dai dati a disposizione essa risulta essere sfavorevole per alcuni settori e comunque molte volte non rispettata.

Nelle tabelle 3.5 e 3.6 viene riportata la ripartizione dei muletti che sono a disposizione degli operai del *gamba*, il reparto di produzione. Sono riportati numero di riconoscimento e reparto di appartenenza, inoltre sono specificate le caratteristiche peculiari di ogni singolo mezzo. Vi è un'ulteriore distinzione tra gli strumenti antideflagranti, quindi adeguati a lavorare all'interno dell'azienda, poiché vi sono restrittive norme sulla possibilità di esplosione, e quelli che invece possono essere utilizzati solo al di fuori dei settori di produzione.

Tabella 3.5. *Distribuzione dei carrelli elevatori antideflagranti.*

Reparto di appartenenza	N° identificativo interno	Caratteristiche
1	7	Carrello 3 ruote portata 20 q h 4.5 mt
	8	Carrello 3 ruote portata 20 q h 4.5 mt
2	6	Carrello 3 ruote portata 20 q h 4.5 mt
3	1	Carrello 3 ruote portata 20 q h 4.5 mt
	2	Carrello 3 ruote portata 20 q h 4.5 mt
4	4	Carrello 3 ruote portata 20 q h 4.5 mt
	15	Carrello 3 ruote portata 20 q h 4.5 mt
7	11	Carrello 3 ruote portata 20 q h 4.5 mt
Ricezione merci	3	Carrello 4 ruote portata 25 q h 4.5 mt

Tabella 3.6. *Distribuzione dei carrelli elevatori non antideflagranti.*

Reparto di appartenenza	N° carrello elevatore	Caratteristiche
7	19	Carrello 3 ruote portata 15 q
Magazzino prodotti finiti	10	Carrello 3 ruote portata 15 q
	16	Carrello 3 ruote portata 15 q
	21	Carrello trilaterale
	23	Carrello 3 ruote portata 15 q
	25	Carrello 3 ruote portata 15 q
	26	Carrello trilaterale

Si sono verificati episodi in cui gli operai, per poter continuare la produzione del lotto considerato, dovevano recuperare un carrello elevatore appartenente ad un altro reparto, poiché nel proprio non ve ne erano di inutilizzati. Quest'azione è sbagliata e comporta conseguenze negative: toglie la possibilità di usufruire del macchinario al personale a cui era stato assegnato, inoltre crea disorganizzazione nella gestione degli strumenti rimanenti al settore a cui è stato sottratto. Il beneficio che se ne può ricavare, ovvero la continuazione da parte dell'operaio del lavoro seguito, è solo apparente: l'attesa viene semplicemente spostata in un altro settore, in cui ci si ritrova con un muletto in meno e ovviamente con la necessità di riorganizzare la produzione alla luce del nuovo imprevisto. Al posto di velocizzare la produzione si crea solo un'ulteriore muda, non evidente ma comunque significativo, che crea ulteriori attese.

Paradossalmente quest'azione genera più sprechi di quanto si pensi. Dato che lo strumento è assegnato ad un reparto differente da quello dell'operaio che lo sottrae, necessariamente vi sono azioni che coinvolgono la sua ricerca e la sua sistemazione in seguito all'utilizzo. Sono azioni secondarie che comportano una dilatazione dei tempi di produzione, in quanto la persona deve allontanarsi dal luogo predisposto per la lavorazione, che si vanno ad aggiungere alle difficoltà già trattate.

Significativo è il caso del personale addetto alla ricezione delle materie prime a cui quotidianamente viene sottratto l'unico muletto assegnato: il suo utilizzo risulta essere incostante, in quanto si segue il ritmo di arrivo dei fornitori, e per questo è usato da chi ne ha necessità. A loro volta gli addetti alle materie prime sono costretti a requisire i muletti dei reparti produttivi nel caso avessero l'urgenza di soddisfare le richieste del fornitore.

In seguito sono riportati i dati raccolti durante la statistica sui muletti: nel contesto delle risorse primarie era stato chiesto di prendere nota di quali carrelli facessero uso, più che il tempo di attesa per la loro mancanza. Questo ha dato un contributo fondamentale nel ricostruire la situazione di spreco dei muletti. In Tabella 3.7 sono riportati nella prima

colonna il muletto utilizzato, nella seconda il reparto di appartenenza e nella terza il tempo totale di utilizzo.

Tabella 3.7. *Muletti e tempi di utilizzo per il reparto ricezione materie prime.*

Muletto	Reparto	Ricevimento MP (min)
19	7	230
4	3	160
2	5	100
15	4	20
Totale		510

Sulla base dei dati raccolti, si evidenzia come la sottrazione dei muletti ad altri reparti comporti una reazione a catena, il cui unico risultato è quello di creare attese e ritardi reciproci. Se infatti si contestualizza l'esito della statistica alternativa compiuta dal reparto materie prime, si nota come negli altri settori siano mancati i carrelli elevatori per un totale di 510 minuti, ciò si traduce in un'attesa non proprio insignificante. Quindi non un miglioramento dal punto di vista produttivo ma un problema per una situazione già precaria di per sé.

Un miglioramento significativo nella gestione degli strumenti si può ottenere agendo in due direzioni differenti. Seguendo una prima strada occorre definire una più efficace distribuzione dei carrelli elevatori, sulla base delle reali esigenze dei singoli reparti. Spostare, ad esempio, un muletto dal magazzino prodotti finiti alla ricezione delle materie prime, permette di aumentare gli strumenti a disposizione del personale, che quindi si trova ad operare con un muletto in più, seppur non antideflagrante e quindi non consono agli spostamenti interni. D'altra parte gli addetti ai prodotti stoccati non si troveranno in difficoltà, in quanto il loro organico conta quattro persone e quindi potrebbero fare uso dei carrelli trilaterali, molto più ingombranti ma quasi mai utilizzati.

In secondo luogo sarebbe opportuno introdurre un codice comportamentale nella coordinazione e nell'uso dei carrelli elevatori, in modo tale da impedire un reale spostamento dei muletti tra i reparti e mantenere, quindi, la ripartizione di questi strumenti. Come si è visto in precedenza, non rispettare questo modus operandi ma ostinarsi nel recuperare ad ogni costo un muletto, non permette di migliorare la produzione ma, anzi, crea una situazione di spreco.

3.4 Problemi di collaudo per i lotti prodotti

Analizzando i dati raccolti seguendo il ciclo di produzione di alcuni prodotti, si può notare come incida in maniera significativa il tempo dedicato al collaudo dei prodotti finiti. Questo non è un semplice caso isolato, ma è una routine che si ripete quotidianamente: sono molti, infatti, i casi in cui il lotto che si sta collaudando non soddisfa le specifiche richieste e quindi ha bisogno di aggiunte. Tutto ciò dilata enormemente il ciclo produttivo portando a più giorni lavorativi, quello che potrebbe essere terminato in una giornata o poco più: il *lead time* risulta essere aumentato in maniera considerevole, con uno spreco enorme di soldi e denaro. Inoltre va ad alterare la linearità produttiva in quanto il lotto che necessita gli aggiustamenti può occupare mezzi e strumenti che potrebbero essere utilizzati per una produzione successiva.

Bisogna ricordare come le modifiche a valle, causate dai difetti che incorrono durante la produzione, non fanno parte del processo e per questo vanno eliminate. Molte volte infatti vengono considerate utili per poter terminare la fase produttiva, anzi fanno parte di essa, ma in realtà sono solo fonte di spreco, sia in termini di tempo che di denaro, ricordando che l'obiettivo ultimo è raggiungere una produzione senza difetti.

Sono state affrontati vari aspetti che si è pensato possano influenzare in maniera negativa la produzione, creare difetti e dunque richiedere aggiunte a valle, al termine del processo.

3.4.1 Gli agitatori

Nell'opera di riduzione dei difetti, significativo è stato lo studio sugli agitatori, strumenti essenziali nella produzione dei prodotti vernicianti. L'agitazione infatti è una fase essenziale nella lavorazione delle materie prime, in quanto permette una riduzione degli agglomerati e un più intimo contatto tra i vari componenti che costituiscono la miscela: se il processo risulta essere non adeguato, si possono verificare problemi nella dispersione e di quelle caratteristiche derivanti dall'interazione tra le varie componenti, come opacità e viscosità.

La verifica sugli agitatori è stata effettuata sia andando a controllare lo strumento fisicamente, dunque prendendo nota delle misure e delle caratteristiche più evidenti, sia recuperando informazioni tramite il registro degli agitatori, poiché spesso i dati sul macchinario non erano presenti o risultavano insufficienti per la ricerca. Questa analisi cerca di dare un quadro complessivo di quella che è la situazione dei dispersori utilizzati dall'azienda per la produzione dei prodotti vernicianti. Si è focalizzato maggiormente l'attenzione sulla dimensione della girante e sulle sue condizioni operative, sulla lunghezza dell'albero, sulla potenza del motore e sul numero di giri al minuto massimo raggiungibile.

Nella Tabella 3.8 sono riportati i dati raccolti sugli agitatori, suddividendoli per reparto e confrontando le informazioni reali con quelle provenienti dal registro. Nella prima colonna troviamo dunque il numero di riferimento del dispersore, nella seconda il diametro della girante, si segue poi con la lunghezza del braccio e i giri al minuto, per finire con la potenza

erogata dal motore e la velocità periferica dedotta dai dati. Le informazioni asteriscate indicano la provenienza dal registro degli strumenti conservato in azienda. Dove non ci fosse stata la possibilità di conoscere dati specifici si è indicato con la sigla “np”.

Tabella 3.8. Dati relativi agli agitatori utilizzati nell'azienda nel processo di produzione.

AGITATORI						
	n° agitatore	diam. girante [cm]	lungh. braccio [cm]	RPM [1/min]	potenza [kW]	v periferica [m/s]
REPARTO 1°	AG 01	40 / 37*	110 / 110*	1100 / 1475*	50 / 37*	23
	AG 02	22 / 22*	120 / 120*	np / 950*	15 / 11*	10,94
	AG 08	40 / 37*	110 / 110*	1100 / 1475*	50 / 37*	23
	AG 50	10 / 11*	30 / 40*	150-1500 / 150*- 1500*	1,5 / 1,5*	7,85
	AG 51	10 / 11*	30 / 40*	150-1500 / 150*- 1500*	1,5 / 1,5*	7,85
	AG 52	particolare	26 / np*	-	1,5 / 1,5*	-
	AG 53	18 / 11*	30 / 40*	150-500? / 1500*	1,5 / 1,5*	14,14
	AG 54	22 / 17*	np / 120	1455 / 155*-1800*	5,5 / 5,5*	16,76
	AG F	45	200	-	-	-
	REPARTO 2°	AG 09	20 / 20*	110 / 110*	np / 1450*-2930*	np / 12,24*- 14,96*
REPARTO 3°	AG 10	25 / 25*	100 / 80*	np / 1400*	np / 10*	18,32*
	AG 11	20 / 22*	120 / 120*	600-1100 / 1400*- 2800*	np / 7,5*	11,51
	AG 12	20 / 20*	120 / 120*	600-1100 / 1400*	np / 7,5*	11,51
	AG 13	20 / 20*	110 / 110*	600-1100 / 1450*- 2930*	np / 13,8*- 16,8*	11,51
	AG 14	20 / 20*	100 / 108*	600-1100 / 1430*- 2880*	np / 10*-11,8*	11,51
	AG 15	13 / 13*	80 / 80*	1400 / 1400*	np / 1,5*	9,53
	AG 16	20 / 20*	100 / 95*	700 / 1445*	np / 7,5*	7,33
	AG 17	20 / 20*	100 / 100*	np / 1450*-2880*	np / 6,6*-7,5*	30,16*
	AG 18	20 / 20*	100 / 100*	np / 1430*-2880*	np / 6,6*-7,5*	30,16*
	AG 21	45 / 45*	100 / np*	1200 / 1480*	np / 37*	28,27
AG 22	50 / 50*	140 / 130*	1100 / 1480*	np / 7,5*	28,78	
AG 23	45 / 45*	110 / 110*	900 / 1470*	np / 37*	21,2	
AG 37	20 / 22*	110 / 120*	np / 965*	np / 11*	10,1*	

	AG 38	20 / 22*	110 / 120*	100-1100 / 965*	np / 11*	11,52
	AG 39	20 / 22*	110 / 120*	np / 2880*	np / 5,9*	30,15*
REPARTO	AG 03	25 / np*	110 / np*	-	-	-
4°	AG 04	9 / 22*	113 / 113*	np / 1420*	np / 2,2*	18,58
	AG 05	20 / 20*	120 / 120*	500-1900/1440*	np / 7,5*	8,95
	AG 06	20 / 22*	105 / 105*	np / 1450*	np / 11*-14*	15,18*
	AG 07	20 / 15*	117 / 117*	np / 1475*	np / 2*	15,45

L'analisi dei dati raccolti circa gli agitatori, permette di definire anche la velocità periferica che li caratterizza nel punto più esterno della girante, già comunque presente in tabella. Questa risulta essere, nella maggior parte delle volte, inferiore al valore di riferimento di 18 m/s, sia prendendo in considerazione dati reali, sia utilizzando le informazioni presenti in registro, quindi non confermate da prove pratiche. Considerando poi come la maggior parte dei dispersori presenta un riduttore tra il motore e l'albero, è facile pensare come il valore calcolato possa ridursi, nel caso reale, ancor più a causa di fattori d'attrito. Dunque la potenza erogata non è totalmente trasferita alla girante, comportando una riduzione dei giri al minuto e conseguentemente della velocità periferica.

Dal confronto tra la trattazione teorica affrontata nel paragrafo §2.4.1 e l'analisi degli agitatori, si evince come la quasi totalità degli strumenti in uso all'interno dell'azienda risulta essere inadeguato nei confronti dei principi basilari dell'agitazione. Nella lavorazione dei prodotti vernicianti è necessario un valore della velocità periferica compreso tra i 18 e i 24 m/s, che consente di applicare agli agglomerati uno sforzo di taglio tale da ridurli e permette un più intimo contatto tra le componenti della miscela. Questi valori non sono quasi mai raggiunti dalla maggior parte degli agitatori, considerando poi l'usura delle giranti usate ormai da decenni, si conclude come la situazione risulti essere critica in quanto la lavorazione non raggiunge le specifiche richieste.

Questo aspetto è di notevole importanza e da non sottovalutare: crea difetti visibili solo a fine lavorazione. Rinnovare i dispersori, alquanto usurati, potrebbe comportare una spesa consistente nell'immediato, ma porterebbe ad miglioramento netto della produzione, eliminando una delle fonti più importanti di spreco.

3.4.2 Collaudi intermedi

Sempre nel contesto della riduzione dei difetti, utile è riferirsi al *Poka-yoke*, quella filosofia seconda la quale è fondamentale non far passare a valle i difetti, ma eliminarli immediatamente, anche se comporta fermare la catena produttiva. Analizzando i dati raccolti tramite l'osservazione del ciclo produttivo, si nota come, in alcuni casi, è richiesta in maniera esplicita un controllo intermedio sul lotto in produzione: questo collaudo permette di

verificare nell'immediato alcuni dei requisiti fondamentali del prodotto e, se necessario, intervenire tempestivamente direttamente nella vasca di produzione.

Poiché la percentuale di prodotti difettosi valutati in sede di collaudo è significativa, si rende fondamentale introdurre questa azione standard anche per quei lotti di produzione dove non è prevista. Non solo, sarebbe opportuno effettuare i controlli direttamente nel reparto produttivo, ad esempio per la viscosità, la dispersione e la torbidità. In questo modo si riducono sensibilmente, innanzitutto, la quantità di difetti passati a valle e che quindi richiedono interventi successivi, successivamente le tempistiche di collaudo finale, poiché parte dei requisiti sono già stati valutati in reparto. Infine, bisogna sottolineare come, se il collaudo avviene direttamente in produzione, si riduce a 1-2 minuti il tempo necessario per l'operaio per effettuare le dovute verifiche in laboratorio.

Risulta dunque fondamentale introdurre questi step di collaudo all'interno della stessa produzione, in modo tale da creare dei segnali d'allarme nel caso in cui il prodotto non soddisfi i requisiti richiesti, mettendo in evidenza il difetto che dunque può essere eliminato. Rendere queste operazione di controllo degli standard permette di diminuire notevolmente il numero di prodotti difettosi, semplifica le azioni successive, in particolar modo il collaudo finale, e riduce complessivamente il *lead time*.

3.5 Spostamenti

Nell'opera di riduzione del *takt time*, grande attenzione deve essere posta anche sugli spostamenti effettuati dal personale durante la produzione. È un aspetto che a prima vista sembrerebbe di poca importanza, d'altra parte, riferendosi ai dati raccolti, si nota che, se ripetuta più volte, quest'azione assume un carattere ben più importante nel processo. Anche in questo caso è stato necessario operare sotto più punti di vista per non limitare l'analisi ad una sola causa del problema.

Dall'indagine sul ciclo produttivo, viene messo in evidenza come, in alcuni casi, venga ripetuta la stessa azione più volte e in occasioni diverse, non ponendosi la domanda se la suddetta azione possa essere svolta in un unico momento. È fondamentale, nella riduzione del *takt time*, saper definire le operazioni standard, ma anche ridurre, se non eliminare completamente, quelle accessorie. Ad esempio, si è visto dai dati raccolti che è stata ripetuta più volte e in occasioni diverse l'azione di smaltimento dei rifiuti prodotti durante la lavorazione: l'ordine è fondamentale per scovare i *muda*, ma se non è di vitale importanza, è utile accumulare i rifiuti in un determinato spazio e smaltirli in una sola volta. In questo modo, non solo si diminuisce il *lead time* poiché l'operaio si allontana in misura minore dalla postazione lavorativa, ma vengono utilizzati per minor tempo strumenti quali il muletto, che dunque possono essere a disposizione dei colleghi, facilitando la produzione di altri lotti oltre alla propria.

Sempre nello studio della fase produttiva, si è riscontrato in molte occasioni come lo stoccaggio delle materie prime nel magazzino non risulti funzionale alla produzione. Il materiale proveniente dai fornitori, infatti, viene ordinato secondo un metodo alfa-numerico: ad ogni prodotto viene attribuito un codice identificativo, dunque viene posto secondo l'ordine predeterminato, all'interno o all'esterno dell'area di stoccaggio a seconda se sia sensibile o meno agli agenti atmosferici. Ciò che risalta maggiormente è che non c'è una logica su come sono predisposte le materie prime, ma tutto si basa sullo spazio a disposizione o su come è sempre stato abituato ad operare il personale in servizio: gli operai si recano a memoria nel luogo in cui pensano possa giacere la materia prima di cui hanno bisogno, a volte dilatando il *lead time* in quanto non trovano il prodotto cercato.

Ecco per cui, nella maggior parte delle volte, gli addetti alla produzione si ritrovano a percorrere un tragitto più lungo di quello che potrebbero compiere, se il materiale fosse disposto secondo un criterio diverso da quello in uso. Per la singola componente, risultano essere pochi minuti quelli persi per la sua ricerca, ma se si sommano tutti gli spostamenti che caratterizzano un lotto di produzione, dove sono presenti in media una decina di materie prime, e si allarga l'analisi all'intera azienda, ci si accorge immediatamente come quei pochi metri in più assumano un significato ben più rilevante nel tempo di produzione.

È dunque essenziale organizzare lo stoccaggio delle materie prime secondo una logica affine alla produzione, predisponendo i prodotti negli spazi più vicini al settore dove vengono maggiormente utilizzati. A tal scopo si è proposto di introdurre nel codice identificativo alfa-numerico un termine che stia ad indicare quale reparto fa maggiormente uso di quella determinata materia prima, in modo tale da conservarla il più vicino possibile ad esso. Si distingueranno quindi le materie prime caratterizzate dal termine "W" per i prodotti ad acqua, quelle con la sigla "S" per le vernici a solvente e infine si utilizzerà la lettera "E" per i materiali utilizzati in entrambe le lavorazioni.

Conclusioni

L'obiettivo del lavoro è stato quello di applicare i principi di *Lean manufacturing* alla produzione di vernici industriali per legno, presso l'azienda Akzo Nobel Coatings S.p.a. di Peseggia.

Inizialmente si è cercato di fare propri i meccanismi su cui si basa questa filosofia gestionale, affrontando gli aspetti principali che la caratterizzano, come i *Muda*, i *Kaizen* e la cultura del *Poka-yoke*, cercando di comprendere fino in fondo il loro significato. Uno studio mai affrontato prima, sempre in riferimento a quella che è la realtà industriale dell'azienda ospitante, utile per avere un metodo di paragone tra la teoria e l'applicazione.

Successivamente si sono poste le basi per un'opera critica nei confronti dell'intero ciclo produttivo, poiché solo in questo modo si è stati in grado di individuare non solo i muda più evidenti, ma anche quelli più nascosti, per la loro eliminazione e una conseguente riduzione degli sprechi. Si sono dunque presi a campione alcuni prodotti, provenienti da settori di produzione differenti, valutando il loro ciclo produttivo, applicando i principi *Lean*, definendo le operazioni standard che venivano coinvolte e mettendo in evidenza gli sprechi che li caratterizzavano.

Sono stati affrontati uno per uno gli aspetti che maggiormente gravavano sul processo produttivo, andando ad analizzare metodi e strumenti coinvolti nelle operazioni e definendo delle linee guida che potessero cambiare la produzione tradizionale dell'azienda.

Esaminando i risultati ottenuti e analizzando il modo di utilizzo dei carrelli elevatori, sono state avanzate alcune proposte con lo scopo di ridurre le attese e conseguentemente il *lead time* produttivo. Dunque si è sottolineato come sia fondamentale l'uso di strumenti alternativi per limitare l'impiego dei muletti, affiancato però dal rispetto di alcune norme comportamentali.

I ritardi dovuti alle problematiche di collaudo sono invece il secondo aspetto che è stato affrontato nell'analisi del ciclo produttivo. Sempre attraverso l'analisi dei dati raccolti, si sono ricercate le cause per cui una percentuale significativa (circa il 30%) dei prodotti fosse soggetta ad aggiunte successive alla lavorazione; esse sono state ritrovate principalmente in una inadeguata fase di dispersione, in quanto gli agitatori non soddisfavano i requisiti richiesti, e nella mancanza di controlli intermedi, che permettevano di far passare a valle i difetti presenti. Anche in questo caso si sono gettate le basi per un miglioramento della fase produttiva al fine di ridurre gli sprechi di tempo e denaro.

Infine sono stati valutati attentamente gli spostamenti compiuti dal personale nella fase produttiva, evidenziando quali fossero le azioni necessarie e quali invece quelle accessorie. È stato infatti verificato come una riduzione delle movimentazione di risorse, sia umane che materiali, possa incidere in maniera positiva nel calo dei tempi di produzione.

Bibliografia

- [1],[2],[5] Y. Wakamatsu. *Toyota Way – Ridurre i prezzi del 50% abbattendo i costi*. Franco Angeli editore (2011)
- [3] Fabrizio Bianchi. *Kaizen. Il miglioramento continuo*. Guerrini e Associati (2010)
- [4] J. Womack e D. Jones. *Lean Thinking. Per i manager che cambieranno il mondo*. Guerrini e Associati (2010)
- [6] W. Neri. *Introduzione alla verniciatura di superfici metalliche*. 3° Edizione Tecniche nuove
- [7],[8] Brock, Groteklaes e Mischke. *European Coatings Handbook*. Ulrich Zorll editore (2000) - A. Goldsmith e H.J. Streitberger. *BASF HANDBOOK ON Basics of Coating Technology*. Vincentz (2003)

Siti internet:

- www.federchimica.it (ultimo accesso 10/09/2012)