POLITECNICO DI TORINO

Corso di Laurea Magistrale in Ingegneria Gestionale

Tesi di Laurea Magistrale

Studio di metodi per la gestione degli stock di materiali indiretti nel settore della produzione di cuscinetti

Relatore:

Prof: Fiorenzo Franceschini

Studente:

Giovanni Bellavia

Anno accademico 2018 – 2019

Indice

INDICE FIGURE **V**

INDICE TABELLE **VIII**

LISTA ACRONIMI **IX**

INTRODUZIONE **1**

OBIETTIVI DEL LAVORO 1

1. CONTESTO DI RIFERIMENTO **2**

1.1. Realtà SKF 2

1.2. Breve storia SKF 2

1.3. Siti produttivi SKF 4

1.3.1. Stabilimento di Villar Perosa 5

1.3.2. Stabilimento di Airasca 7

2. I CUSCINETTI TBU **9**

2.1. Applicazioni TBU 10

2.2. Componenti TBU (Materiali diretti) 11

2.2.1. La gabbia 11

2.2.2. Anelli interni (IR) 13

2.2.3. Anelli esterni (OR) 14

2.2.4. I rulli (RT) 14

2.2.5. Distanziali centrali (RD) 15

2.2.6. Grasso 17

2.2.7. Sistemi di tenuta (anche chiamati “schermi” o “seal”) 19

2.2.8. P-Spacer 20

2.2.9. Backing ring e end-cap 20

2.3. Materiali indiretti 21

2.3.1. Mole di rettifica 21

2.3.2. Pietre di lappatura 27

2.3.3. Diamanti industriali 28

2.4. Layout magazzino materiali indiretti 30

3. PROCESSO PRODUZIONE CUSCINETTI 31
3.1. Processi di lavorazione in outsourcing degli anelli 33
3.1.1. Rettifica 34
3.1.2. Fosfatazione 41
3.1.3. Montaggio 42
3.2. Parametri di controllo del processo produttivo dei cuscinetti 44

4. CONCETTI GENERALI SULLA LEAN MANUFACTURING 49
4.1. Lean manufacturing 49
4.1.1. Cenni storici 49
4.1.2. Principi della Lean Manufacturing 49
4.1.3. Necessità delle aziende di lavorare in Lean 52

5. GESTIONE MAGAZZINO MATERIALI INDIRETTI 54
5.1. DIOD e gestione stock 56
5.2. Gestione magazzini SKF Villar Perosa 57
5.2.1. Sistema WASS 58
5.2.2. Sistema MCSS 59
5.3. Capitale immobilizzato come costo per l'azienda 60
5.4. Rilevanza dei costi di inventory management 60

6. PROBLEMATICHE DI GESTIONE 63
6.1. Principali problemi riscontrati 63
6.1.1. Inadeguato controllo del magazzino 64
6.1.2. Bassa priorità per i materiali indiretti 65
6.1.3. Limitata comunicazione tra officina, magazzino e uffici 66
6.1.4. Disallineamento tra sistema contabile e sistema fisico 67
6.1.5. Ridotta tracciabilità del consumo dei materiali indiretti 68
6.1.6. Scarsa frequenza degli inventari 69
6.1.7. Inefficiente organizzazione dei magazzini contabili 70
6.1.8. Safety stock calcolato senza fondamenta teoriche 73
6.1.9. Spazio fisico occupato da item obsoleti o non registrati contabilmente 75
6.1.10. Difficoltà di gestione di item simili 78
6.2. Importanza dell'organizzazione 79
6.3. Routine organizzative 79

6.4. Path dependence 80

7. AZIONI E PROPOSTE DI MIGLIORAMENTO 81

7.1. Soluzioni spot 82

7.1.1. Primo step 82

7.1.2. Secondo step 83

7.1.3. Terzo step 84

7.2. Soluzioni di monitoraggio e controllo 87

7.2.1. Importanza di una figura di magazziniere fissa 87

7.2.2. Chiusura magazzino 90

7.2.3. Maggiore focus sull'ottimizzazione stock 92

7.2.4. Cicli di lavorazione standard e specializzazione orizzontale 93

7.2.5. Necessità di una maggiore comunicazione 95

7.2.6. Importanza di una corretta tracciabilità del consumo dei materiali indiretti 96

7.2.7. Ordine magazzini contabili 97

7.2.8. Rimozione componenti obsoleti 97

7.2.9. Assegnazione codici per tutti i componenti 98

7.2.10. Sintesi delle soluzioni proposte 100

CONCLUSIONI 104

Sviluppi futuri 105

BIBLIOGRAFIA 106

INDICE FIGURE

Figura 1. Siti Produttivi SKF Italia 5
Figura 2. Stabilimento SKF Villar Perosa (TO) 7
Figura 3. Stabilimento SKF Airasca (TO) 8
Figura 4. TBU (Tapered Bearing Unit) 9
Figura 5. Applicazione TBU nel carrello ferroviario 10
Figura 6. Gabbia SKF UPC 12
Figura 7. Grafico di confronto tra gabbie in acciaio e gabbie in UPC 12
Figura 8. Rappresentazione grafica anello interno (IR) 13
Figura 9. Rappresentazione grafica anello esterno (OR) 14
Figura 10. Rappresentazione grafica Roller-Set 15
Figura 11. Distanziale centrale "RD-BT2 641157" 15
Figura 12. Esempio sfumature distanziale centrale " RD-BT2 641157" 16
Figura 13. Esempio di grippaggio sui rulli 18
Figura 14. Esempio di grippaggio sulle piste 18
Figura 15. Fusto grasso a bordo macchina montaggio 19
Figura 16. Esempio di due tipologie di schermi 19
Figura 17. P-spacer unito al backing ring 20
Figura 18. P-spacer 20
Figura 19. Backing ring 21
Figura 20. Esplosione componenti TBU 21
Figura 21. Tipologia mola "ID SUUC". Abrasivo AT; granulometria 100; durezza L; porosità 6; legante V ceramico 25
Figura 22. Tipologia mola "SRC DK". ". Abrasivo 3SK3; granulometria 120; durezza H; porosità 10; legante V, E, G 25
Figura 24. Tipologia mola "DG 700". Abrasivo Corindone pregiato bianco; granulometria 80; durezza G; porosità 4; legante B resinoide. 26
Figura 23. Tipologia mola " Foro IR Hermes". Abrasivo 3SK3; granulometria 80; durezza H; porosità 12; legante V, E, G 26
Figura 25. Tipologia mola "OD SUUC". Abrasivo corindone pregiato bianco; granulometria 709; durezza K; porosità 6; legante V ceramico 26
Figura 26. Tipologia mola "Famir Spallamento". Abrasivo corindone pregiato bianco; granulometria 1002; durezza I; porosità 5; legante V ceramico 27
Figura 27. Tipologia mola "Sfacciatrice IR". Abrasivo Corindone pregiato; granulometria 801; durezza B; porosità 22; legante V ceramico 27
Figura 28. Esempio di pietre di lappatura 28
Figura 29. Tipologie di diamanti: A, durometro; B, utilizzato per le Basly; C, usato per le mole foro IR; D, utilizzato in passato per ID SUUC; E, utilizzato per le

mole Famir spallamento, sfacciatrice IR e DG 700; F, invece è utilizzato per le mole SRC DK 29
Figura 30. Tipologia diamante che sostituisce il diamante di tipo B utilizzato per ravvivare le mole "ID SUUC" 29
Figura 31. Tipologia diamante utilizzato per ravvivare le mole "OD SUUC"..... 29
Figura 32. Layout attuale magazzino materiali indiretti Villar Perosa..... 30
Figura 33. Layout stabilimento produttivo TBU Villar Perosa: in rosso le linee di rettifica degli anelli interni; in arancione le linee di rettifica degli anelli esterni; in blu il magazzino dei materiali indiretti; in giallo la zona dedicata al macro-processo di fosfatazione; in viola le linee di assemblaggio, sopra quella automatica e sotto quella manuale..... 31
Figura 34. Diagramma ad albero processo di lavorazione degli anelli 32
Figura 35. Macchina per la sfacciatura degli anelli interni..... 34
Figura 36. Macchina per la prova di durezza..... 35
Figura 37. Macchina rettifica sede rotolamento DK..... 35
Figura 38. Macchina rettifica dello spallamento per mezzo di mole "Famir spallamento"..... 36
Figura 39. Macchina rettifica diametro interno 36
Figura 40. Smagnetizzatore..... 37
Figura 41. Macchina lappatura per mezzo delle pietre di lappatura..... 38
Figura 42. Macchina per la prova expansion test 38
Figura 43. Interno macchina per la prova expansion test 38
Figura 44. Macchina per il controllo ultrasuoni. Nel rettangolo rosso è messo in evidenza l'anello che sta per essere inserito nel liquido 40
Figura 45. Zone anello interno lavorate nelle fasi di rettifica. A, facce dell'anello; B, piste e diametro esterno dell'anello; C, rettifica spallamento; D, rettifica foro IR 40
Figura 46. Zone anello interno lavorate nelle fasi di rettifica. E e G, rettifica delle piste e del diametro esterno; F, rettifica facce anello esterno 41
Figura 47. Processo di fosfatazione..... 42
Figura 48. Zona per la creazione del roller-set 43
Figura 49. Macchina per il rodaggio e per il calcolo del gioco assiale 43
Figura 50. Zona ingrassaggio. In rosso è evidenziata il macchinario usato per l'applicazione del grasso 44
Figura 51. Carta di controllo X-R con frequenza al 100% del diametro interno dell'anello interno..... 46
Figura 52. Carta di controllo X-R con frequenza al 10% del diametro interno dell'anello interno..... 47
Figura 53. Principi della Lean Manufacturing (da: W.H. Meanor, 2018)..... 52

Figura 54. Grafico riportato durante la conference call dal direttore della Supply Chain di SKF 55
Figura 55. Esempio applicazione DIOD 57
Figura 56. Foto magazzino materiali indiretti Villar Perosa 58
Figura 57. Attuale organizzazione del prelievo dei materiali indiretti in magazzino 65
Figura 58. Grafico a torta delle categorie dei disallineamenti 68
Figura 59. Report estrapolato dal sistema gestionale MCSS 72
Figura 60. rappresentazione grafica tipologie di pietre di lappatura 75
Figura 61. Elenco item obsoleti (anno 2014-2015) 77
Figura 62. Andamento stock materiali indiretti mensile 85
Figura 63. Andamento stock materiali indiretti in funzione del DIOD 85
Figura 64. Andamento stock materiali indiretti settimanale 86
Figura 65. Proposta grafica dell'introduzione di un magazziniere fisso 90
Figura 66. Soluzione proposta per la chiusura del magazzino dei materiali indiretti 92
Figura 67. Processo proposto di monitoraggio stock 94
Figura 68. Alienation threshold [a. Grant, R. Contemporary Strategic analysis] .. 94
Figura 69. Relazione tra difficoltà di implementazione e efficacia delle soluzioni proposte 102

INDICE TABELLE

Tabella 1. Tipologie di mole trattate dallo stabilimento TBU di Villar Perosa 21
Tabella 2. Tabella delle tipologie di pietre di lappatura 75
Tabella 3. Attributi variabili rappresentate graficamente 101

LISTA ACRONIMI

- TBU = Tapered Roller Bearing Units (Unità cuscinetti a rulli conici)
- ERG = Engineering Research Center
- ABS = Anti Blockier System
- SRC = Sede Rullo Conico
- SSC = Senza Sede Schermo
- IR = Inner Ring
- OR = Outer Ring
- SIS = Special Industrial Solution
- SPB = Super Precision Bearing
- MIT = Massachusetts Institute of Technology
- TPS = Toyota Production System
- WIP = Work In Progress
- MAU = Magazzino materiali Ausiliari
- JIT = Just In Time
- DIOD = Days Inventories On Deliveries
- WASS = Wide Area Storage System
- MCSS = Manufacturing Customers System Service
- BOM = Bill Of Materials
- UPC = Universal Polymer Cage

PREMESSA

Il presente elaborato nasce da un'esperienza svolta presso la sede di SKF Industrie S.p.A. di Villar Perosa (TO) nel reparto Supply Chain TBU. Lo studio si propone di illustrare un studio sui metodi appropriati per la gestione dello stock e il riordino della particolare categoria dei materiali indiretti nel settore della produzione dei cuscinetti. L'obiettivo finale è quello di proporre soluzioni per una significativa riduzione di stock di questa tipologia di materiali e al contempo la standardizzazione di metodologie di aggiornamento e revisioni periodiche.

INTRODUZIONE

OBIETTIVI DEL LAVORO

Al giorno d'oggi l'organizzazione e la logistica sono sempre più condizionate dai livelli di servizio richiesti dal mercato di competenza, i quali diventano sempre più stringenti in termini di tempo, costi e qualità. Tutto ciò porta le aziende ad avere la necessità di ridurre quanto più possibile i costi e, contemporaneamente, migliorare le prestazioni.

È chiaro che la riduzione stock gioca un ruolo importante nel contesto sopra espresso.

Per questi motivi, l'obiettivo del seguente lavoro è quello di analizzare il processo di alimentazione stock dei materiali indiretti per poter individuare le fasi più critiche che portano ad uno spreco di tempo e di denaro.

Dal punto di vista operativo, gli obiettivi che si desiderano raggiungere sono i seguenti:

- Monitoraggio stock materiali indiretti.
- Individuazione problematiche rilevanti nella gestione dei materiali indiretti.
- Proposta di soluzioni efficienti ai problemi riscontrati.

In particolare, nel primo capitolo del presente elaborato viene riportata una breve introduzione sulla realtà SKF Italia, dagli esordi fino ai nostri giorni; nel secondo e nel terzo capitolo viene descritto il prodotto finito (TBU) in tutti i suoi componenti, realizzato dall'SKF, insieme al suo processo di produzione.

Nel quarto capitolo viene invece illustrata una breve rappresentazione dei principi della Lean Manufacturing, principi su cui è stato fondato il presente studio.

Nel sesto e nel settimo capitolo vengono esaminate le criticità individuate e le relative soluzioni proposte.

1. CONTESTO DI RIFERIMENTO

1.1. Realtà SKF

La SKF è un'azienda manifatturiera svedese leader nella realizzazione di cuscinetti volventi, componenti per il montaggio di TBU e tenute meccaniche.
TBU è l'acronimo di Tapered Roller Bearing Units (Unità con cuscinetti a rulli conici), ed è stata introdotta nel 1954 dalla compagnia americana Timekan, attuale competitors dell'SKF.
I cuscinetti sono organi meccanici che si interpongono tra perni d'albero e supporti o altri organi, permettendo il movimento reciproco rotatorio o traslatorio con notevole riduzione di attrito tra le superfici accoppiate [10].
Nel campo delle applicazioni ferroviarie, la TBU ha sostituito la vecchia tecnologia rappresentata dalle bronzine. La bronzina, ovvero il cuscinetto a strisciamento, è un'altra tipologia di cuscinetto, molto specifica, che lavora in regime di lubrificazione idrodinamica, con il perno dell'albero che ruota all'interno del cuscinetto, supportato da un velo d'olio di consistente spessore, così da mantenere sempre separate le micro asperità delle due superfici [18].

1.2. Breve storia SKF

È l'alba del XX secolo quando due aziende separate da un intero continente, ma unite dai medesimi obiettivi, vedono la luce in Italia e in Svezia: la RIV di Villar Perosa (TO), e la SKF di Göteborg iniziano approssimativamente in questo periodo a realizzare cuscinetti per tutta l'industria, allora in forte sviluppo.
Nel 1906 la FIAT partecipa ad una competizione per costruttori di automobili a Berlino, ma per poter partecipare a questa manifestazione era necessario che tutti i componenti dell'auto fossero fabbricati nel paese dell'azienda partecipante. FIAT però in quegli anni non disponeva ancora dei cuscinetti a sfera, già costruiti e utilizzati in altri paesi, quali la Francia e la Germania.

Per tali ragioni, il “Senatore” Giovanni Agnelli decide di entrare in contatto con il progettista italiano del cuscinetto, l'ingegner Roberto Incerti, meccanico costruttore di biciclette, il quale possedeva due piccole aziende familiari.
Nasce in questo modo a Torino la società RIV, il cui acronimo deriva dal nome dell'ingegner Roberto Incerti (RI), unito alla "V" di Villar Perosa, paese in cui è stata costruita la prima officina. La RIV è una fabbrica di cuscinetti a sfere e sfere d’acciaio, che nei primi anni ha trovato spazio in via sperimentale nello stabilimento Fiat di Corso Dante.
È nel 1919 che la RIV diviene autonoma dalla FIAT e si costituisce in Società Anonima, assumendo la denominazione di RIV Officine di Villar Perosa, della quale comunque la famiglia Agnelli ha ancora delle partecipazioni.
Nel 1922 RIV acquista la fabbrica torinese di automobili "Rapid", e sulla sua area inizia a costruire un altro moderno stabilimento, che verrà inaugurato nel 1924.

L’industria SKF, invece, è stata fondata nel 1907 a Göteborg, in Svezia.
Nel 1965 la RIV entra nel Gruppo SKF assumendo la denominazione di "RIV-SKF Officine di Villar Perosa S.p.A.". L'accordo tra le due aziende, svedese e italiana, prevede l'acquisizione da parte del gruppo svedese dei 2/3 del capitale azionario della società italiana.

Nel 1988 la RIV-SKF acquisisce il nome di una sola delle due case madri diventando *SKF Industrie S.p.A.*. A partire da questo momento la storia ed i successi della RIV si fondono con quelli dell’intero gruppo SKF.

Il gruppo SKF si compone di tre divisioni indipendenti tra loro: Industrial, Automotive e Service. Ciascuna di queste divisioni si occupa a livello internazionale di un mercato specifico, con particolare attenzione a determinati settori industriali.
L’Italia rappresenta il terzo mercato nel mondo per l’SKF.

In Italia SKF è presente con diverse società [19]:

- *SKF Industrie S.p.A.*, la principale Società del Gruppo in Italia; è specializzata nella produzione e nella vendita di cuscinetti volventi e servizi correlati al mercato interno ed esterno;
- *RFT S.p.A.*, specializzata nel settore dei componenti tecnici in gomma e metallo;
- *SKF Multitec S.p.A.*, società commerciale che opera nel campo degli attuatori elettromeccanici, nelle viti a ricircolo di sfere e rulli e nei sistemi di guida lineare.

1.3. Siti produttivi SKF

In Italia, la SKF e la sua consociata RFT hanno siti produttivi localizzati su tutto il territorio:

- Airasca (TO)
- Villar Perosa (TO)
- Modugno (BA)
- Cassino (FR)
- Massa (MS)
- Pianezza (TO)
- Poggio Rusco (MN)
- Verona (VR)
- Villanova D'Asti (TO)
- Gazzada Schianno (VA)

Ogni stabilimento produttivo SKF ha un ruolo ben definito. SKF infatti non produce soltanto una tipologia di cuscinetti ma si cimenta nella realizzazione di diverse tipologie di prodotti finiti, per differenti segmenti di mercato.

Figura 1. Siti Produttivi SKF Italia

1.3.1. Stabilimento di Villar Perosa

Lo stabilimento di Villar Perosa [20] rappresenta lo stabilimento di riferimento per la realizzazione del presente elaborato.
Questo stabilimento è diviso in tre unità: Super Precision Bearings, Avio e TBU.

Nello specifico, lo stabilimento Super Precision Bearings di Villar Perosa sviluppa e produce cuscinetti di alta precisione, fabbricando circa 400.000 pezzi l'anno destinati per la metà al mercato europeo.
Tra le principali tipologie di cuscinetti ricordiamo:

- ***cuscinetti di precisione obliqui***, ad una corona di sfere, con tre differenti angoli di contatto, design standard o per alta velocità, schermati o aperti, con sfere in acciaio o ceramica, disponibili anche in gruppi appaiati; la gamma dimensionale varia da 15 mm a 360 mm di foro a seconda dell'esecuzione;
- ***cuscinetti di precisione ad una o due corone di rulli cilindrici***, rulli in acciaio o ceramica per velocità più elevate, da 25 mm a 280 mm di foro subordinato alla tipologia;

- c***uscinetti di precisione assiali obliqui a sfere a doppio effetto***, esecuzione standard o per alta velocità, sfere in acciaio o ceramica, da 35 mm a 200 mm in base al tipo;
- ***cuscinetti di precisione a rulli assiali e radiali*** per tavole rotanti da 80 mm a 325 mm.

I cuscinetti di alta precisione trovano applicazione laddove le condizioni di impiego richiedano prestazioni di livello superiore, quali: alta velocità di rotazione, bassa temperatura in funzionamento, accurate precisioni di lavorazione, elevata rigidezza, notevole silenziosità e lunga durata di esercizio.

Lo stabilimento Avio produce invece cuscinetti per applicazioni aeronautiche, destinati ad equipaggiare i più diffusi motori per aeroplani ed elicotteri.

Infine, l'unità produttiva TBU produce cuscinetti per applicazione ferroviaria.
Nell'ottica di una sempre maggiore attenzione alle esigenze di affidabilità e sicurezza del mercato ferroviario, l'unità ha sviluppato un cuscinetto con schermo integrato e sensorizzato (Sensor Compact TBU), soluzione tecnologicamente avanzata rispondente a tale requisiti.
I clienti dello stabilimento TBU rappresentano i maggiori costruttori mondiali di treni e le società che gestiscono il trasporto su rotaie di alcuni stati europei per quanto concerne la ricambistica.

Figura 2. Stabilimento SKF Villar Perosa (TO)

1.3.2. Stabilimento di Airasca

Lo stabilimento di Airasca [21] comprende:

- lo stabilimento *Automotive Manufacturing*, specializzato nella produzione di diverse tipologie di cuscinetti a sfera per applicazione mozzo ruota, che per vastità e numero di dipendenti rappresenta la maggiore realtà produttiva del comprensorio ed una delle più significative di tutto il Gruppo SKF;
- L'*unità Drive by Wire* che sviluppa e produce soluzioni meccatroniche per sistemi frenanti di mezzi pesanti ed agricoli;
- Il *magazzino centrale* prodotti finiti di 30.000 mq in cui confluiscono le produzioni di tutti gli stabilimenti SKF in Italia;
- Gli *Uffici Direzionali* e gli *Enti Centrali* di SKF Industrie S.p.A.

Figura 3. Stabilimento SKF Airasca (TO)

2. I CUSCINETTI TBU

Le TBU sono formate da i seguenti componenti diretti [11]:

- due anelli interni;
- due gruppi di rulli conici;
- una gabbia in polimero;
- un anello esterno standard;
- un distanziale centrale;
- riempimento di grasso;
- schermi;
- anello di appoggio (o “backing ring”);
- disco di bloccaggio (anche chiamato “End-cap”);
- p-Seal;
- p-Spacer.

CUSCINETTO

ROLLER-SET

Gli anelli interni, le gabbie e i rulli formano il cosiddetto Roller-set.

I materiali indiretti oggetto del mio studio sono utilizzati per le lavorazioni di rettifica degli anelli. Tali materiali indiretti sono classificati principalmente in:

- Mole di rettifica;
- Pietre di lappatura;
- Diamanti.

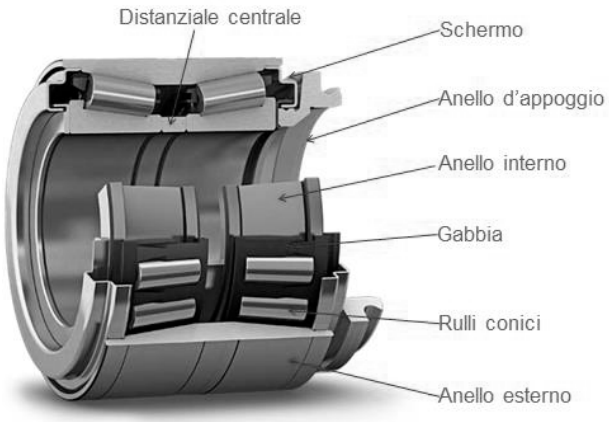


Figura 4. TBU (Tapered Bearing Unit)

2.1. Applicazioni TBU

I cuscinetti a rulli conici (TBU) trovano la loro applicazioni nel settore ferroviario e, nello specifico, vengono montati sul fusello del treno.

Tra le più importanti famiglie di applicazioni, è possibile distinguere:

- carrozze passeggeri;
- carro merci: sia nel trasporto di minerali di ferro che nel trasporto di container;
- metropolitana;
- tram;
- treni ad altissima velocità (VHS).

Inoltre, gli operatori ferroviari non rappresentano i soli clienti finali dell'SKF: tra questi ritroviamo anche i costruttori di assili ferroviari e i costruttori di treni. Questi si occupano di montare le TBU sui nuovi treni.

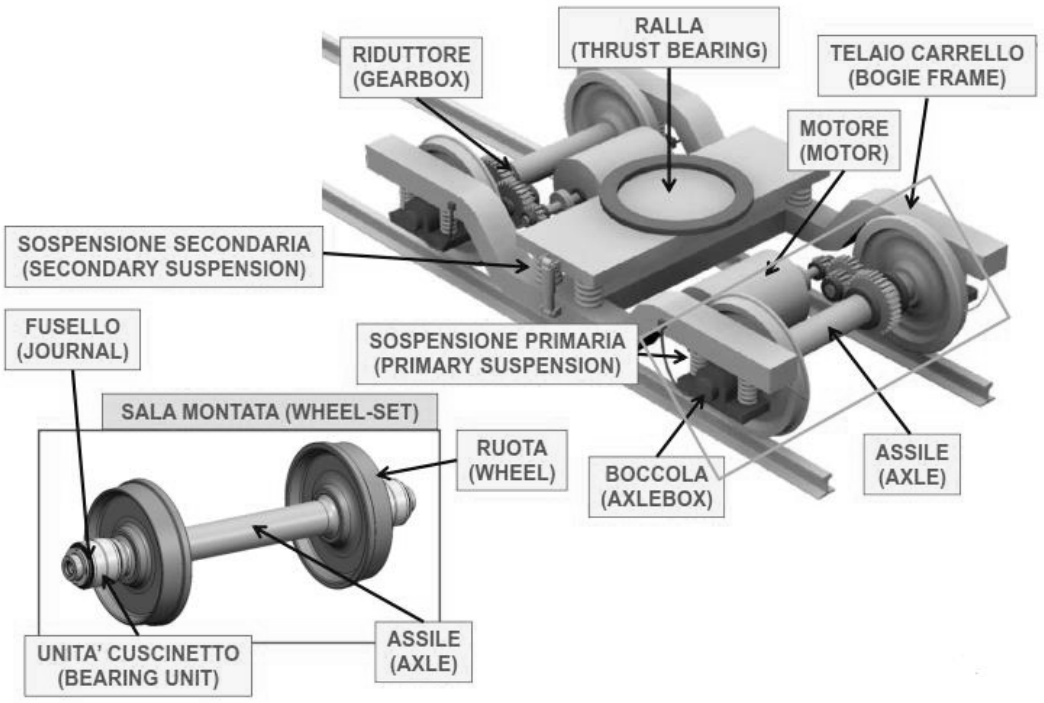


Figura 5. Applicazione TBU nel carrello ferroviario

2.2. Componenti TBU (Materiali diretti)

Sono presentati di seguito l'insieme dei componenti diretti della TBU, componenti che sono presenti nella distinta base del prodotto finito.

2.2.1. La gabbia

La gabbia ha la particolare funzione di tenere equidistanti tra loro le sfere o i rulli che compongono la TBU o altri tipi di cuscinetti.
Le gabbie possono essere realizzate sia con materiali metallici che con polimeri, tuttavia dagli anni '80 i materiali polimerici risultano essere la soluzione più appropriata.
In particolare, lo sviluppo di una gabbia in polimero per le TBU ha avuto inizio in SKF nel 1982, con prove di laboratorio presso l'SKF Engineering Research Centre (ERC), in Olanda.
La scelta dell'utilizzo dei materiali polimerici è legata ai seguenti vantaggi:

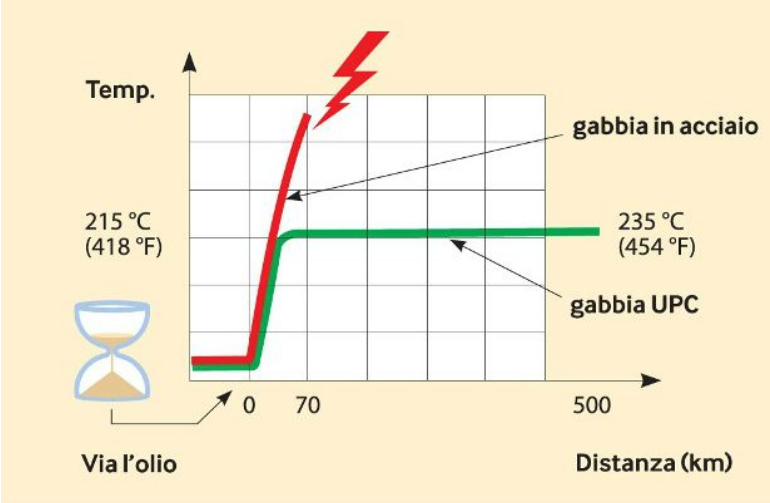
- a differenza dell'acciaio, sono un materiale resiliente;
- hanno un coefficiente d'attrito inferiore a quello dell'acciaio, questo comporta minori temperature di lavoro e riduzione dell'usura dei componenti;
- sono autolubrificanti.

Inoltre, è stato dimostrato come il polimero, riuscendo a contenere la temperatura di lavoro, sia più efficiente dell'acciaio in termini di km percorsi dai mezzi senza necessità di sostituire i componenti della TBU [22].

Nella figura 7, sono illustrati i risultati, in termini di durata di esercizio e temperatura, delle prove comparative tra cuscinetti con gabbie in acciaio e cuscinetti con gabbie in polimero, eseguite presso l'SKF Railway Test Centre.

La gabbia SKF UPC (Universal Polymer Cage)

Figura 6. Gabbia SKF UPC



Risultati delle prove comparative tra cuscinetti con gabbia in acciaio e cuscinetti con gabbia in polimero in carenza di lubrificante.

Figura 7. Grafico di confronto tra gabbie in acciaio e gabbie in UPC

Il test ha permesso di confrontare le due strutture in una situazione di insufficiente lubrificazione.

L'assenza di lubrificante ha provocato un rapido aumento della temperatura causando la rottura dei cuscinetti con gabbia di acciaio superati i 70 km percorsi dal treno. Al contrario, la temperatura raggiunta dal cuscinetto con gabbia in

polimero si è mantenuta a livelli tali da consentire al cuscinetto stesso di funzionare per 500 km.

2.2.2. Anelli interni (IR)

I cuscinetti TBU presentano due anelli interni separati da un distanziale centrale. Facendo riferimento alla figura 8, la faccia rivolta verso l'esterno è a stretto contatto o con il disco di bloccaggio o con il P-Seal (anello in polimero che consente di prevenire la corrosione da sfregamento tra l'anello interno e il backing ring), a seconda della specifica tipologia di TBU in esame, la faccia rivolta verso l'interno è invece in contatto con il distanziale centrale.

La principale funzione degli anelli interni è quella di consentire il rotolamento dei rulli sulle loro piste e garantire il corretto accoppiamento con il perno su cui sono montati.

Il materiale scelto per gli anelli interni è l'acciaio 100Cr6, il quale conferisce un'elevata resistenza all'usura. Poiché gli anelli interni sono tenuti a resistere ad elevati carichi sia statici che dinamici, si genera spesso usura da strisciamento sulla pista di rotolamento e anche graduale usura sull'orletto di ritegno [23]. I carichi statici e dinamici cui è soggetto l'anello interno non sono gli unici in quanto anche le forze dovute alle fasi di montaggio, smontaggio si sommano ai precedenti carichi.

Figura 8. Rappresentazione grafica anello interno (IR)

2.2.3. Anelli esterni (OR)

Ogni TBU ha un solo anello esterno. La scelta di utilizzare un solo anello esterno, è sostenuta da due principali benefici:

1. design della TBU più solido e compatto;
2. migliore ripartizione del carico.

Per quanto riguarda il materiale utilizzato per gli anelli esterni, questo è equivalente a quello per gli anelli interni. Infatti l'acciaio 100Cr6 risulta, anche in questo caso, la soluzione più conveniente.
L'anello esterno presenta internamente due piste per il rotolamento dei rulli e due sedi per alloggiare gli schermi su di esso.

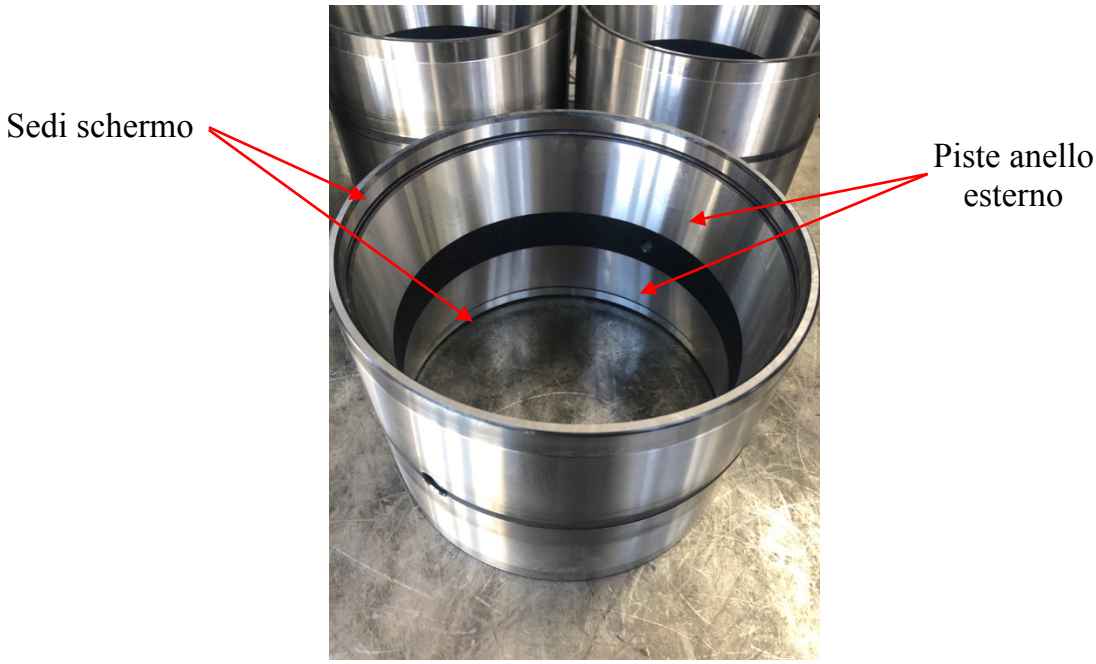


Figura 9. Rappresentazione grafica anello esterno (OR)

2.2.4. I rulli (RT)

I rulli sono componenti essenziali nella realizzazione delle TBU. Questi sono unità volventi in acciaio 100Cr6, contraddistinti da specifiche tolleranze dimensionali, che rotolano lungo le piste degli anelli.

I rulli sono suddivisi in classi che variano di due micron in due micron di spessore, in modo da disporre il giusto componente per ogni precisa applicazione.
I corpi volventi devono avere un grado di rugosità superficiale molto basso, come quello delle piste interne ed esterne rispettivamente degli anelli esterni e interni.
Tuttavia, se il grado di rugosità è troppo basso, si rischia di andare incontro ad un fenomeno chiamato "*flatting*", in cui il rullo piuttosto che rotolare, pattina sulle piste degli anelli, provocando irregolarità del moto.

Figura 10. Rappresentazione grafica Roller-Set

2.2.5. Distanziali centrali (RD)

I distanziali centrali sono degli anelli in acciaio, rettificati ad una determinata misura e utilizzati per apportare alla TBU il gioco assiale che quest'ultima richiede. Lo spessore di tali anelli sono categorizzati in sfumature.

Figura 11. Distanziale centrale "RD-BT2 641157"

RD- BT2B 641157		
24	17,56	- 0,02 +0,01
23	17,60	- 0,02 +0,01
22	17,64	- 0,02 +0,01
21	17,67	- 0,01 +0,01
20	17,71	- 0,02 +0,01
19	17,75	- 0,02 +0,01
18	17,79	- 0,02 +0,01
17	17,83	- 0,02 +0,01
16	17,86	- 0,01 +0,01
15	17,90	- 0,02 +0,01
14	17,94	- 0,02 +0,01
13	17,98	- 0,02 +0,01
12	18,02	- 0,02 +0,01
11	18,05	- 0,01 +0,01
10	18,09	- 0,02 +0,01
9	18,13	- 0,02 +0,01
8	18,17	- 0,02 +0,01
7	18,21	- 0,02 +0,01
6	18,24	- 0,01 +0,01
5	18,28	- 0,02 +0,01
4	18,32	- 0,02 +0,01
3	18,36	- 0,02 +0,01
2	18,40	- 0,02 +0,01
1	18,43	- 0,01 +0,01

Figura 12. Esempio sfumature distanziale centrale " RD-BT2 641157"

Nella figura 12 sono riportate, a titolo esemplificativo, le molteplici sfumature di un distanziale specifico utilizzato spesso: il “RD-BT2 641157”.

La prima colonna elenca le diverse sfumature, la seconda colonna elenca lo spessore dei distanziali in mm, infine l’ultima colonna riporta le tolleranze di misura in mm.

In verde sono invece evidenziate le sfumature che, in seguito a diversi studi statistici, sono risultate con una maggiore probabilità di essere impiegate per la realizzazione della TBU specifica.

2.2.6. Grasso

La principale funzione del grasso (fig. 15) è quella di lubrificare i componenti interni del prodotto finito (TBU) attraverso il graduale rilascio di sostanza lubrificante. Le variabili che entrano in gioco nella selezione della tipologia di grasso da utilizzare sono prevalentemente due:

1. il tipo di mezzo ferroviario su cui verrà montata la TBU;
2. la temperatura climatica dell'area geografica nella quale verrà utilizzata la TBU.

Per quanto concerne la relazione tra il mezzo ferroviario e la tipologia di grasso, è possibile distinguere:

- treni ad alta velocità, nei quali è necessario utilizzare una categoria di grasso più fluido. Tale necessità è dovuta al fatto che questa tipologia di treni raggiunge velocità elevate molto rapidamente, per cui risulta fondamentale lubrificare immediatamente tutte le parti volventi della TBU. Tale condizione è soddisfatta solo se si sfrutta un tipo di grasso liquido che riesca ad agire nell'immediato;
- treni merci, nei quali – contrariamente a quanto accade nei precedenti treni – non raggiungono subito una velocità elevata, motivo per cui vi è la necessità di un grasso più denso che agisca lentamente in modo proporzionale all'aumento della velocità del treno.

Per quanto riguarda invece la relazione tra la tipologia di grasso e la temperatura climatica del paese in cui verrà utilizzata la TBU, nei paesi caldi è necessario utilizzare un grasso più denso o pastoso; nei paesi freddi, al contrario, è essenziale sfruttare una tipologia di grasso più fluida**.**

A titolo esemplificativo vengono riportate due differenti tipologie di grasso:

1. grasso “SHC 100”: grasso fluido utilizzato nei paesi più freddi;
2. grasso “FUCKS”: grasso denso, utilizzato in paesi più caldi.

La quantità di grasso da inserire all’interno della TBU rappresenta una variabile critica in quanto, se inserita scorrettamente, può determinare problematiche non irrisorie, quali ad esempio:

- incendio della TBU: quando la quantità di grasso inserita è superiore alle specifiche stabilite, si rischia di fondere la TBU poiché la quantità di grasso in eccesso, crea un surriscaldamento dovuto all’aumento dell’attrito;
- grippaggio: situazione che si verifica quando la quantità di grasso inserita è inferiore alle specifiche stabilite. In questo caso l’eccessivo surriscaldamento causato dall’attrito tra rulli e piste provoca la fusione o la deformazione di questi ultimi, con il conseguente bloccaggio della rotazione [15] (veda fig. 13 e 14).

Figura 13. Esempio di grippaggio sui rulli

Figura 14. Esempio di grippaggio sulle piste

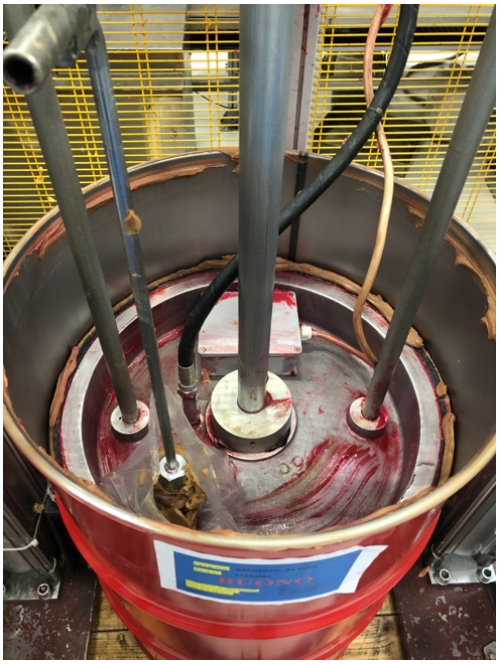


Figura 15. Fusto grasso a bordo macchina montaggio

2.2.7. Sistemi di tenuta (anche chiamati “schermi” o “seal”)

La funzione principale dei sistemi di tenuta è quella di isolare i rulli e l’anello interno per non far fuoriuscire il grasso e, al tempo stesso, evitare che entrino delle impurità nel cuscinetto (ad esempio polveri, acqua ecc..).

Lo schermo può essere dotato di componenti meccatroniche, come sensori per la temperatura o sistema ABS.

Figura 16. Esempio di due tipologie di schermi

2.2.8. P-Spacer

Il P-spacer è un componente intermedio tra il backing ring e il resto dei componenti che consente di "fare pacco" sul fusello del treno (cioè l'asse del treno dove verrà poi montata la TBU).

In particolare, tale componente ha la principale funzione di agganciare il backing ring per evitare che possa staccarsi dal resto dei componenti.

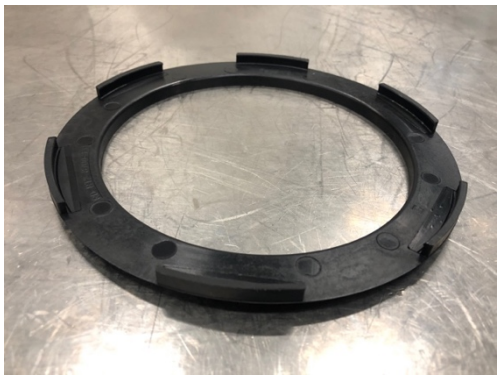


Figura 18. P-spacer

Figura 17. P-spacer unito al backing ring

2.2.9. Backing ring e end-cap

Il backing ring e l'end-cap sono dei componenti addizionali che hanno lo scopo di proteggere la TBU da fattori esterni.

In particolare, il backing ring permette il posizionamento assiale della TBU sul fusello del treno, mentre l'end-cap, consente di bloccare assialmente, tramite delle viti, la TBU sull'assile.

Nello specifico, bloccando il fusello del treno, l'end-cap fa sì che siano i rulli a lavorare e ruotare e non il fusello stesso. Tale aspetto risulta di fondamentale importanza strutturale.

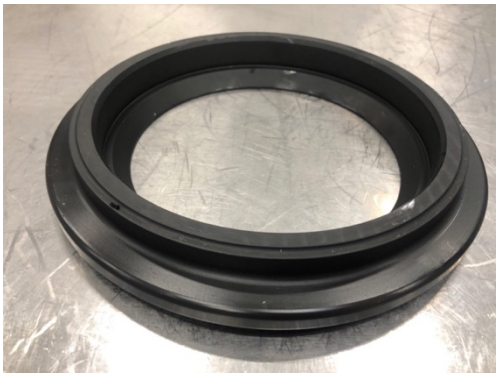


Figura 19. Backing ring

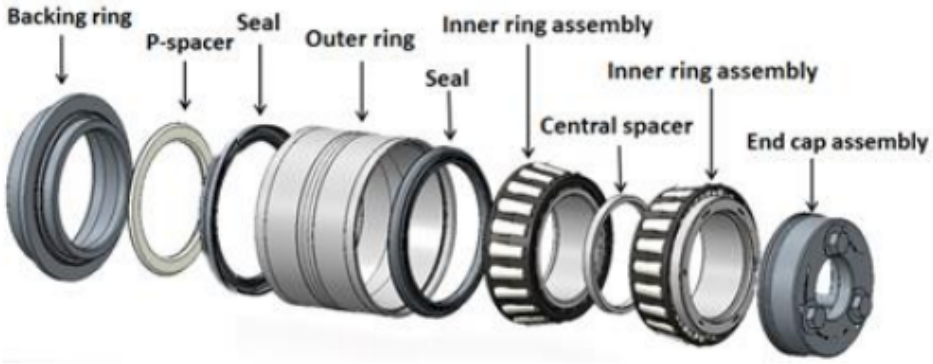


Figura 20. Esplosione componenti TBU

2.3. Materiali indiretti

Dopo aver esaminato i componenti diretti, sono esaminati nei prossimi paragrafi i materiali indiretti.

2.3.1. Mole di rettifica

Di seguito sono riportate le tipologie di mole più utilizzate:

Tabella 1. Tipologie di mole trattate dallo stabilimento TBU di Villar Perosa

Tipologia Mola	**Area lavorata**	**Valore di specifica velocità rotazione durante la lavorazione [m/s]**
SRC DK	Piste dell'interno	45

ID SUUC	Piste dell'esterno	42
ID SUUC SSC	Piste dell'esterno senza sede schermo	42
FORO IR HERMES	Foro interno anello interno	45
OD SUUC (O "LIDKOPING 660")	Diametro esterno dell'anello esterno	40
SFACCIATRICI IR	Facce interno	35
MOLE DG 700	Facce esterno	30
FAMIR SPALLAMENTO	Spallamento interno	50
BASLY	Sfacciatrice distanziale centrale	25

Le mole di rettifica sono un agglomerato di materiale cementante e diamante industriale [4]. Queste sono adoperate per lavorare superfici di pezzi che possono essere stati precedentemente temprati, cementati o nitrurati, per cui si hanno elevati valori di durezza superficiale.

Le mole, girando ad altissime velocità, per asportazione di truciolo, permettono di eseguire una lavorazione di elevata precisione con un notevole grado di finitura superficiale.

Esse rappresentano un utensile di tipo composito, dato che sono costituite da due componenti:

- grani abrasivi, il cui compito principale è quello di asportare il sovrametallo;
- legante, il cui compito è quello di mantenere compatti i vari grani abrasivi, conferendo alle mole una determinata forma e una certa rigidezza [5,4,12].

2.3.1.1. Caratteristiche delle mole

Natura dell'abrasivo

In ambito tecnico è identificato da una lettera maiuscola.

Tra gli abrasivi utilizzati da SKF troviamo:

1. Corindone o Alundum.
2. Carburo di Silicio.
3. Diamante.

Il Corindone è un abrasivo naturale mentre l'Alundum è artificiale. Le mole composte con tali materiali sono di colore grigio, rosa o bianco.
Il Carburo di Silicio, anche chiamato carborundum, è particolarmente adatto a lavorare materiali durissimi. Normalmente è di colore verde o nero.
Il Diamante è l'abrasivo con il più alto parametro di durezza.

Granulometria dell'abrasivo

È l'indice di finezza dei granelli abrasivi della mola. Si identifica con un numero di due o tre cifre che indica la quantità di fili per pollice formanti una maglia, entro la quale possono passare i granelli.
Gli indici comunemente accettati sono:

- 8-12: grana molto grossa;
- 13-24: grana grossa;
- 30-60: grana media;
- 70-220: grana fine;
- 800-1200: grana molto fine.

Durezza della mola

Al contrario di quanto può essere comunemente ritenuto, la durezza di una mola non è la durezza dell'abrasivo (che dipende dalla natura dello stesso), ma la consistenza della matrice che trattiene, nella sua massa, i granelli abrasivi. La matrice, infatti, ha il compito di dare alla mola la necessaria consistenza e di trattenere i granelli uniti.
Una mola è dura quando trattiene a lungo i granelli, tenera quando lascia staccare facilmente l'abrasivo.

Le mole dure sono adatte a lavorare materiali teneri in quanto i granelli non si consumano facilmente e possono lavorare a lungo. Le mole tenere invece sono indicate per lavorare materiali duri poiché, in questo caso, i granelli si consumano rapidamente ed è necessario che si stacchino subito per poter lasciare il posto ad altri granelli nuovi e in perfetta efficienza.
La durezza delle mole è identificata da una lettera maiuscola:

- A, B, C, D, E, F, G: mole tenerissime;
- H, I, J, K: mole tenere;
- L, M, N, O: mole medie;
- P, Q, R, S: mole dure;
- T, U, V, W, Z: mole durissime.

Struttura della mola

È l'indice della porosità della mola, cioè della dispersione dei singoli granuli abrasivi nella massa del legante. Se questi sono molto spaziati tra loro, la struttura si dice aperta; se, invece, i granelli abrasivi sono molto ravvicinati, la struttura è chiusa.
Anche se poco conosciuta, la struttura della mola è molto importante. Infatti, anche nel caso in cui siano presenti un tipo di abrasivo e di grana corretti, se una mola è chiusa è probabile che si verifichi il cosiddetto "intasamento" della stessa. Questo determina l'inglobamento delle minuscole particelle di materiale asportato nella superficie esterna della mola, rendendola inefficace. In questi casi, si procede con la ravvivatura della mola stressa per mezzo di un diamante.
L'indice di struttura (o porosità) di una mola viene indicato con un numero intero:

- 0, 1, 2, 3: struttura chiusa;
- 4, 5, 6: struttura media;
- 7, 8, 9 ,10: struttura aperta;
- da 11 in poi: struttura molto aperta (mole porose).

Tipo di legante

Vi sono diversi tipi di cementi che vengono adoperati per dare forma e consistenza alle mole, ma principalmente vengono utilizzate due tipologie:

- V: legante ceramico;
- B: legante resinoide;
- E: legante elastico;
- G: legante galvanico.

I ceramici, anche chiamati vetrificati, sono i più comuni, e sono tipici delle mole utilizzate sulle molatrici da banco e per rettifica. I resinoidi, chiamati anche bachelitici, sono tipici delle mole da troncatura e da sbavatura.

Figura 21. Tipologia mola "ID SUUC". Abrasivo AT; granulometria 100; durezza L; porosità 6; legante V ceramico

Figura 22. Tipologia mola "SRC DK". ". Abrasivo 3SK3; granulometria 120; durezza H; porosità 10; legante V, E, G

Figura 23. Tipologia mola "DG 700". Abrasivo Corindone pregiato bianco; granulometria 80; durezza G; porosità 4; legante B resinoide.

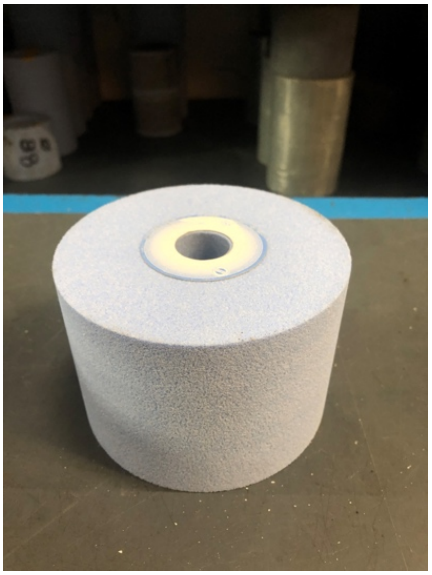


Figura 24. Tipologia mola " Foro IR Hermes". Abrasivo 3SK3; granulometria 80; durezza H; porosità 12; legante V, E, G

Figura 25. Tipologia mola "OD SUUC". Abrasivo corindone pregiato bianco; granulometria 709; durezza K; porosità 6; legante V ceramico

Figura 27. Tipologia mola "Sfacciatrice IR". Abrasivo Corindone pregiato; granulometria 801; durezza B; porosità 22; legante V ceramico

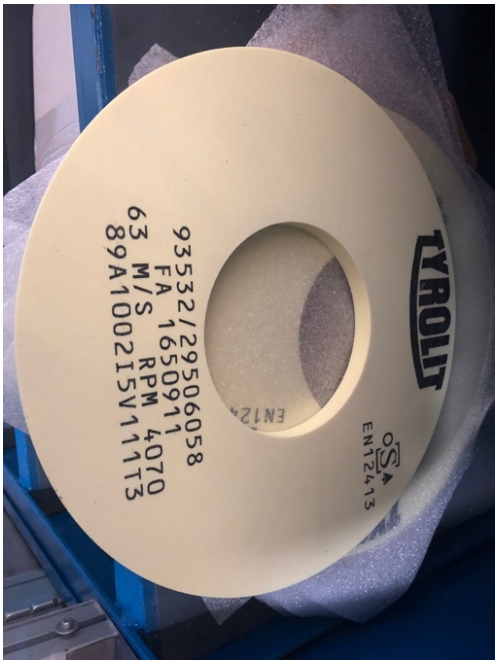


Figura 26. Tipologia mola "Famir Spallamento". Abrasivo corindone pregiato bianco; granulometria 1002; durezza I; porosità 5; legante V ceramico

2.3.2. Pietre di lappatura

Con il termine “lappatura”, come verrà approfondito in seguito, si fa riferimento ad un processo di lavorazione meccanica che, tramite abrasione, consente di asportare materiale da una superficie metallica, ceramica o vetrosa, al fine di minimizzare le micro-imperfezioni geometriche.

Tale lavorazione è eseguita mediante l’utilizzo delle cosiddette “pietre di lappatura”. Queste ultime sono formate da un insieme di polveri abrasive utilizzate per la levigatura e per il miglioramento del grado di rugosità delle piste di rotolamento dei rulli all’interno dell’anello esterno.

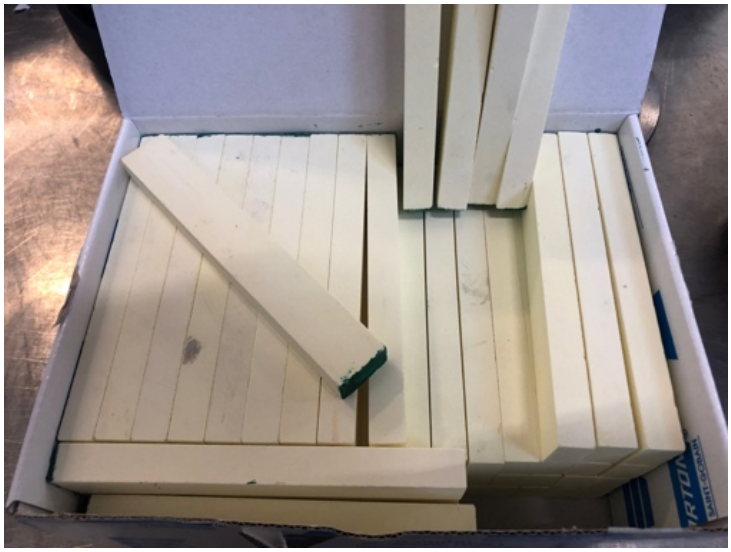


Figura 28. Esempio di pietre di lappatura

2.3.3. Diamanti industriali

Il diamante industriale è un sinterizzato di polveri di carbonio insieme a trascurabili quantità di impurità che ne determinano la purezza [12], utilizzato per ravvivare le mole man mano che queste si usurano dopo le lavorazioni di rettifica e per rettificarle. La ravvivatura delle mole consiste nell'asportazione di alcuni centesimi di millimetri dalla superficie della mola per consentire l'eliminazione del materiale residuo appartenente al pezzo lavorato e all'agglomerante, ma anche per eliminare i granelli usurati. La rettificatura delle mole consente, invece, di ricostruire la corretta geometria della mola perduta durante la lavorazione [4,12].
Inoltre, i diamanti sono anche utilizzati per la realizzazione del durometro. Quest'ultimo è uno strumento destinato alla misurazione della durezza dei materiali (veda cap. 3).

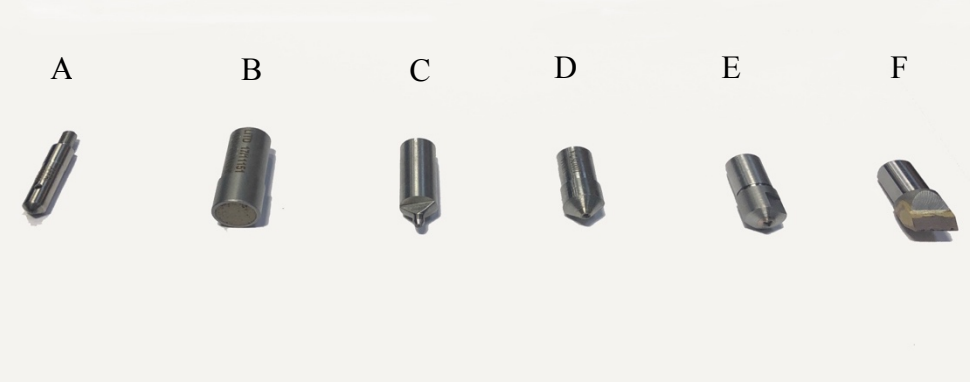


Figura 29. Tipologie di diamanti: A, durometro; B, utilizzato per le Basly; C, usato per le mole foro IR; D, utilizzato in passato per ID SUUC; E, utilizzato per le mole Famir spallamento, sfacciatrice IR e DG 700; F, invece è utilizzato per le mole SRC DK

Figura 31. Tipologia diamante utilizzato per ravvivare le mole "OD SUUC"

Figura 30. Tipologia diamante che sostituisce il diamante di tipo B utilizzato per ravvivare le mole "ID SUUC"

2.4. Layout magazzino materiali indiretti

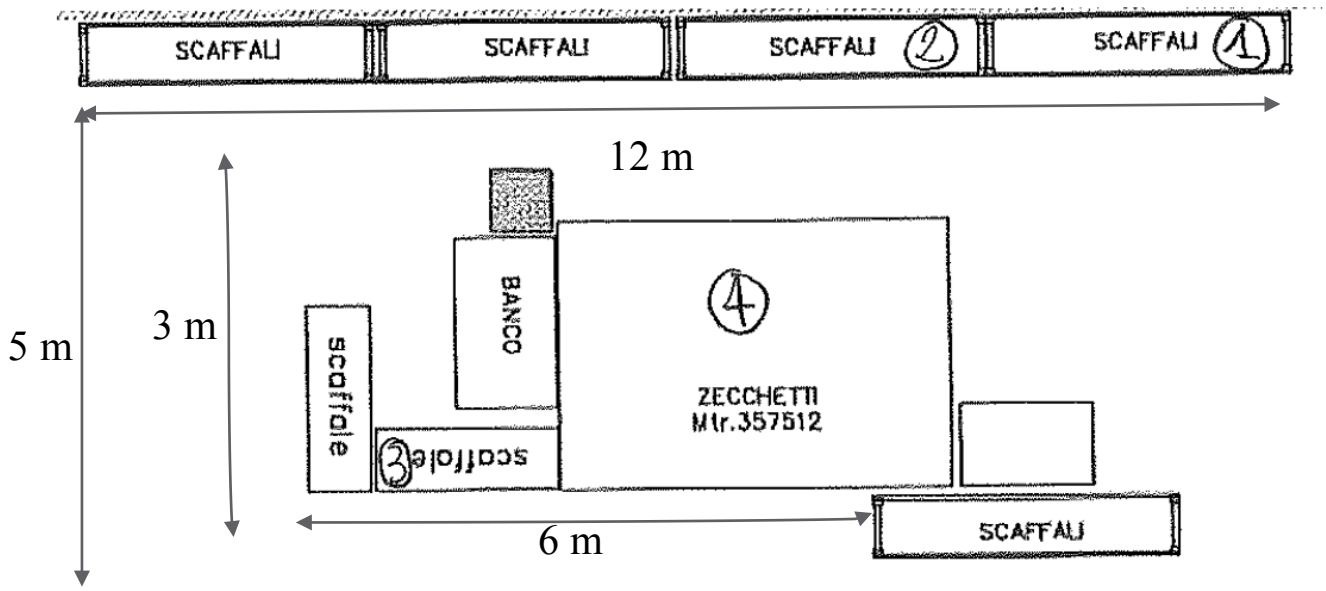


Figura 32. Layout attuale magazzino materiali indiretti Villar Perosa

Il magazzino rappresentato in figura 32 è il luogo in cui sono tenuti a stock i materiali indiretti.

Nello specifico, tali componenti, sono raggruppati nei punti 1, 2, 3, 4 raffigurati sopra. Tali punti di raggruppamento sono strutturati come segue:

- lo scaffale numero 1 contiene quattro tipologie di componenti:
    1. mole SRC DK;
    2. mole ID SUUC;
    3. mole ID SUUC senza sede schermo;
    4. gran parte delle pietre di lappatura.
- lo scaffale numero 2 contiene al suo interno le mole "FORO IR HERMES";
- lo scaffale numero 3 contiene per lo più la restante parte delle pietre di lappatura;
- il quarto punto di raggruppamento è invece un piccolo magazzino automatico verticale che contiene svariati materiali, tra cui i diamanti.

Per quanto concerne le mole DG 700, sfacciatrice IR e OD SUUC, queste, per via della loro lunga durata, sono stoccate a bordo macchina e utilizzate all'occorrenza.

3. PROCESSO PRODUZIONE CUSCINETTI

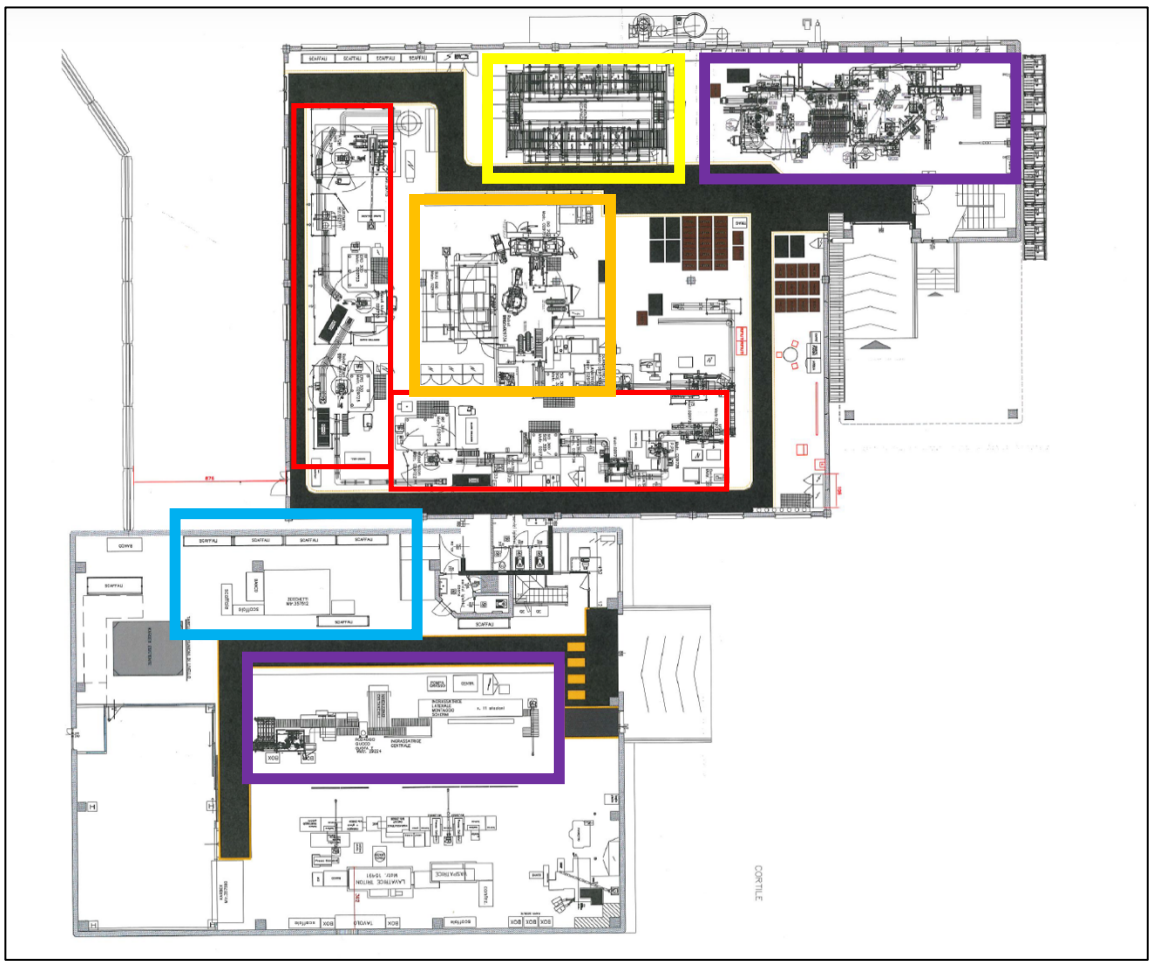


Figura 33. Layout stabilimento produttivo TBU Villar Perosa: in rosso le linee di rettifica degli anelli interni; in arancione le linee di rettifica degli anelli esterni; in blu il magazzino dei materiali indiretti; in giallo la zona dedicata al macro-processo di fosfatazione; in viola le linee di assemblaggio, sopra quella automatica e sotto quella manuale

Lo stabilimento SKF TBU di Villar Perosa, come già detto in precedenza, realizza cuscinetti a rulli conici per il mercato ferroviario (TBU).

I processi di lavorazione degli anelli sono abbastanza standardizzati.

I semilavorati di partenza sono anelli in acciaio, proveniente da fornitori esterni, ottenuti per deformazione plastica, tornitura e trattati termicamente.

In particolare, all'interno dello stabilimento SKF il ciclo di lavorazione si realizza in tre macro-processi:

1. rettifica;
2. fosfatazione;
3. assemblaggio.

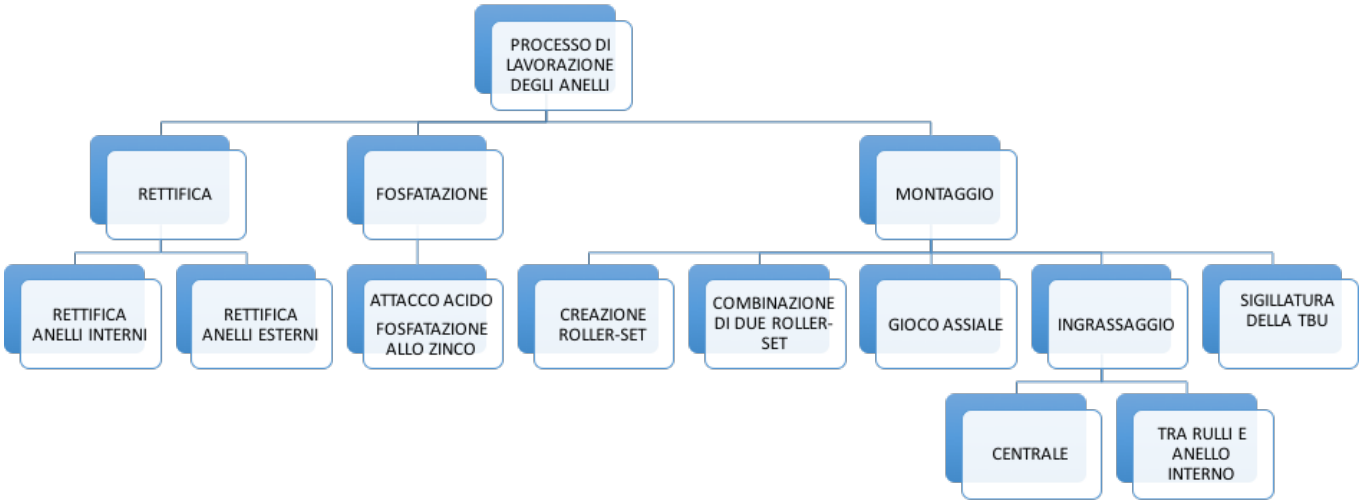


Figura 34. Diagramma ad albero processo di lavorazione degli anelli

La fase di rettifica avviene in procedure differenti in funzione del fatto che si tratti di anelli interni o esterni.
Per quanto riguarda le altre due fasi, la fosfatazione e il montaggio, queste sono caratterizzate da procedure simili sia per anelli interni che esterni.

Prima di giungere in stabilimento, gli anelli esterni e interni sono realizzati e lavorati da ditte esterne.

In questo capitolo verranno esaminati, passo dopo passo, i processi di produzione e lavorazione degli anelli interni ed esterni che caratterizzano l'industria in questione.

3.1. Processi di lavorazione in outsourcing degli anelli

I fornitori che realizzano gli anelli esterni e interni che giungono nello stabilimento, sono: Hot-Roll, Massucco e Tekfor.

Nello specifico, il processo di lavorazione eseguito in outsourcing si compone delle seguenti fasi:

1. forgiatura;
2. tornitura "soft";
3. trattamento termico;
4. tornitura "hard".

Con la forgiatura si conferisce, per deformazione plastica a caldo, la forma agli anelli. In particolare, spezzoni di barre in acciaio sono portati ad una temperatura di circa 1200 gradi e forgiati tramite una pressa in modo da ottenere i semilavorati.

Ogni anello è sottoposto ad una tornitura "soft". Quest'ultima viene chiamata "soft" in quanto realizzata sul materiale prima del trattamento termico. Tale procedura consente di ottenere le dimensioni finali dell'anello.

In seguito alla tornitura "soft", il pezzo subisce un trattamento termico per conferire ad esso il giusto grado di durezza superficiale. Questo trattamento è differente in funzione del tipo di anello. È possibile distinguere tre tipologie di trattamenti termici: tempra martensitica, combinazione di carbo-cementazione e successiva tempra martensitica e tempra bainitica.

La tempra consente di conferire durezza superficiale; la carbo-cementazione, in aggiunta con la tempra martensitica, permette di aumentare la resistenza superficiale senza compromettere la tenacità del materiale; la tempra bainitica garantisce una discreta durezza senza aumentare troppo la fragilità della struttura dell'acciaio, ed è consigliabile per cuscinetti che non devono supportare elevati carichi.

Infine, i pezzi subiscono una seconda tornitura, chiamata "hard" in quanto realizzata in seguito a trattamenti termici, dopo aver ottenuto un'elevata durezza degli strati superficiali degli anelli.

3.1.1. Rettifica

Processo di rettifica anelli interni

La rettifica è quel processo di lavorazione che, tramite l'impiego di una mola abrasiva, che ruota ad elevate velocità, asporta materiale dalla superficie degli anelli per conferire ad essa un'ottima precisione dimensionale e geometrica con bassissima rugosità [13,6].

Nello specifico, il processo di rettifica è articolato nelle seguenti fasi:

1. *sfacciatura*: operazione che consente di rettificare entrambe le facce dell'anello interno. Queste ultime (ovvero faccia inferiore e faccia superiore) presentano diametri diversi. Durante la fase di "sfacciatura" vengono utilizzate due particolari mole che prendono il nome di "mole SPC facce IR", le quali, pur presentando le stesse dimensioni, hanno materiale differente. Tale differenza risponde alla necessità di dover lavorare facce con diametri diversi.

Figura 35. Macchina per la sfacciatura degli anelli interni

2. *prova durezza al 100%:* è una prova tipica dello stabilimento SKF di Villar Perosa. Essa permette di controllare la durezza del materiale di un anello interno, mediante l'utilizzo di un durometro. È un controllo che viene generalmente eseguito a tappeto su ogni pezzo già sottoposto alla fase di sfacciatura. La prova di durezza viene svolta secondo la scala Rockwell C. Il pezzo viene riposto in maniera automatica da un nastro trasportatore sotto il durometro, il quale

consente di rilevare la durezza del particolare e verificare se questo rispetta le tolleranze predefinite. Le tolleranze variano in funzione dei trattamenti termici che il pezzo subisce dai fornitori esterni prima di giungere nello stabilimento. Questo perché ogni trattamento termico restituisce una diversa durezza al componente.

Figura 36. Macchina per la prova di durezza

3. *rettifica sede rotolamento DK*: le mole di rettifica specifiche per questa operazione sono le "mole S.R.C./DK Hermes". Queste permettono di rettificare i diametri esterni dell'anello interno, cioè la sede di rotolamento dei rulli. Tale operazione di rettifica viene svolta tenendo in considerazione che la sede di rotolamento dei rulli deve avere valori di rugosità superficiale dell'ordine dei 0,4 micron;

Figura 37. Macchina rettifica sede rotolamento DK

4. *rettifica dello spallamento:* lo spallamento è la parte del cuscinetto dove poggia la testa dei rulli. Questa procedura di rettifica è realizzata mediante mole chiamate “Famir spallamento”;

Figura 38. Macchina rettifica dello spallamento per mezzo di mole "Famir spallamento".

5. *rettifica diametro interno:* la rettifica del diametro interno dell’anello interno è effettuata mediante l’utilizzo delle mole “Foro Hermes”;

Figura 39. Macchina rettifica diametro interno

6. *smagnetizzatore:* mentre in passato, per trasmettere il moto rotatorio nelle precedenti fasi di lavorazioni di rettifica, venivano utilizzati mandrini con bloccaggio tramite griffe, oggi si utilizza la trasmissione di moto tramite magnetismo.

Per tali ragioni, in seguito alle diverse fasi di rettifica è strettamente necessario smagnetizzare i componenti per evitare il rischio di attirare particelle metalliche che danneggerebbero il roller-set durante l'esercizio. Tale procedura è realizzata mediante lo smagnetizzatore.

Figura 40. Smagnetizzatore

7. *lappatura:* è un'operazione meccanica che consente di ridurre al minimo la rugosità delle superfici delle piste di rotolamento. In particolare, essa avviene mediante l'utilizzo di pietre di lappatura utilizzate per "rompere" piccole creste e piccoli calchi che le fasi precedenti possono aver creato nella superficie dell'anello. Fra tutti i processi di finitura utilizzati nel settore manifatturiero, la lappatura tramite particelle abrasive è l'unica che consente di arrivare ad altissimi gradi di precisione nella planarità e nella riduzione della rugosità.

Figura 41. Macchina lappatura per mezzo delle pietre di lappatura

8. *lavaggio:* fase in cui si effettua il lavaggio del componente mediante acqua;
9. *prova expansion test:* prova applicabile solo agli anelli che hanno subito dei processi di tempra, chiamati "anelli martensitici". La prova consiste nell'inserimento di un cilindro all'interno dell'anello. Il cilindro si espande fino ad un certo diametro e, qualora l'anello presenti qualche crepa, si cricca e viene scartato;

Figura 42. Macchina per la prova expansion test

Figura 43. Interno macchina per la prova expansion test

10. *controllo dimensionale:* permette di verificare le tolleranze geometriche di forma, come ad esempio la cilindricità. Anche questo controllo viene eseguito a tappeto. La severità di tale controllo è estrema in quanto, se le superfici non rientrano nelle zone di tolleranza prescritte, il fusello del treno subirà danni irreparabili;
11. *controllo ultrasuoni*: è un particolare tipo di controllo che consente di appurare eventuali difetti interni all'anello (cricche o rotture). Il metodo ad ultrasuoni (UT) si basa sul fenomeno della riflessione e rifrazione che un'onda acustica subisce quando, viaggiando all'interno di un materiale, incontra un ostacolo alla sua propagazione costituito da una superficie di interfaccia tra due diversi elementi (per esempio metallo-aria). Si tratta di un controllo non distruttivo del pezzo in cui viene preso un anello come campione al quale viene effettuato un foro con diametro e profondità di 0,5 mm. Successivamente il campione viene inserito in un liquido (bonderite) all'interno del quale una sonda, posizionata a distanza dal pezzo, emette onde meccaniche. Il controllo ultrasuoni sul campione permette di definire le tolleranze da rispettare nei pezzi soggetti a tale controllo. I parametri del sistema vengono settati a quel valore campione e, di conseguenza, tutti i valori dei pezzi controllati che risulteranno inferiori al valore campione verranno accettati; viceversa, tutti i valori che supereranno il valore campione, verranno rifiutati.

    La sonda è chiamata "*Pulse eco*" in quanto non soltanto emette onde, ma le riceve anche indietro. In particolare, nel caso in cui il pezzo in esame non presenti difetti interni, la sonda riceverà tante onde quante ne ha emesse; viceversa, quando è presente un difetto, la sonda riceverà meno onde di quanto ne ha emesse [3].

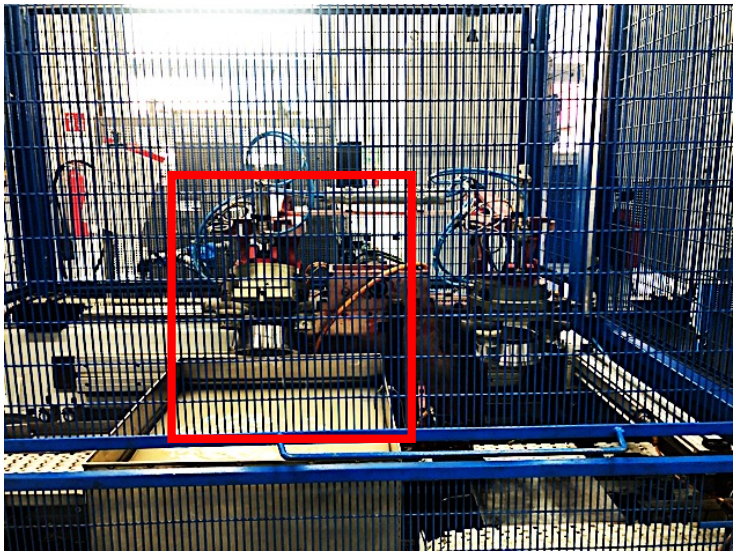


Figura 44. Macchina per il controllo ultrasuoni. Nel rettangolo rosso è messo in evidenza l'anello che sta per essere inserito nel liquido

12. *Magnetoscopio:* la prova del magnetoscopio è eseguita a campione sul 10% dei pezzi che fuoriescono dal ciclo lavorativo. Questa prova consiste nel magnetizzare il pezzo, sia trasversalmente che longitudinalmente. Successivamente viene applicata una polvere magnetica fluorescente. Tale polvere si andrà ad accumulare laddove sono presenti dei difetti superficiali, mettendoli in risalto durante l'esecuzione della prova.

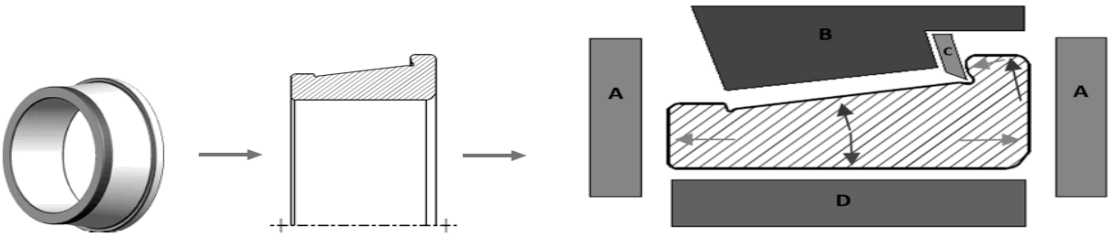


Figura 45. Zone anello interno lavorate nelle fasi di rettifica. A, facce dell'anello; B, piste e diametro esterno dell'anello; C, rettifica spallamento; D, rettifica foro IR

Processo di rettifica anelli esterni

Le fasi di rettifica degli anelli esterni sono molto simili a quelle degli anelli interni. Esse consistono in:

1. *sfacciatura*: a differenza degli anelli interni, qui la sfacciatura viene eseguita con due mole identiche in quanto le facce degli esterni sono uguali. Le mole per questa lavorazione specifica sono le mole "DG 700";
2. *finitura diametri*: questa procedura include sia la finitura del diametro esterno che le piste interne in una sola operazione, tramite l'utilizzo di 2 mole: le mole "SUUC" per il diametro interno e le mole "Lidkoping 660" per il diametro esterno;
3. *lappatura*: durante questa fase vengono lappate le superfici dove andranno a lavorare i rulli;
4. *controllo dimensionale;*
5. *controllo ultrasuoni;*
6. *magnetoscopio.*

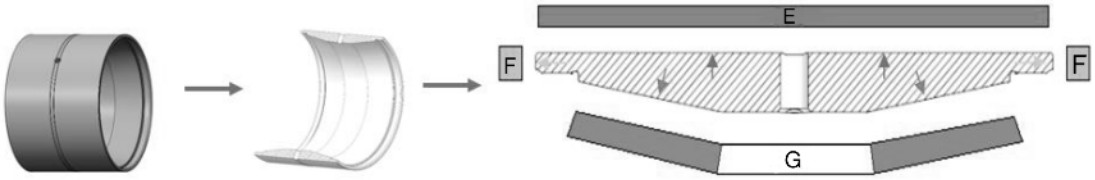


Figura 46. Zone anello interno lavorate nelle fasi di rettifica. E e G, rettifica delle piste e del diametro esterno; F, rettifica facce anello esterno

3.1.2. Fosfatazione

Il macro-processo chiamato "fosfatazione" serve per migliorare la resistenza del componente alla corrosione. Tale processo si compone di due fasi distinte:

1. attacco acido;
2. fosfatazione allo zinco.

La fase di attacco acido è caratterizzata principalmente dall'utilizzo dell'acido nitrico. Nello specifico, in una vasca contenente una soluzione di acido nitrico viene inserita una culla contenente anelli sia interni che esterni. Tale procedura consente, rimuovendo piccoli strati superficiali, di mettere in evidenza differenti

difettosità del particolare (ad esempio bruciature di rettifica, ripiegamenti e cricche).

Successivamente, viene inserita la culla in un liquido basico per neutralizzare l'azione dell'acido nitrico.

In seguito a questa fase preliminare si mette in atto il vero e proprio processo di fosfatazione, processo che viene anticipato da un'operazione detta "attivazione", la quale consente di riattivare, tramite un acido leggero, il materiale.

Il processo di fosfatazione è seguito da una fase di risciacquo in acqua e una successiva fase che permette di applicare uno strato protettivo all'anello.

Il processo di fosfatazione, soddisfa la norma UNI ISO 9717 [32].

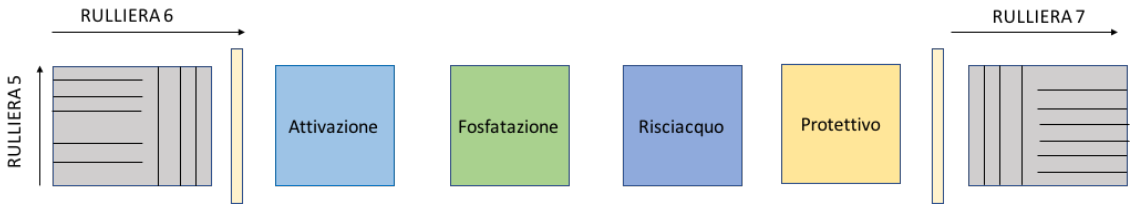


Figura 47. Processo di fosfatazione

3.1.3. Montaggio

L'ultimo macro processo è quello del montaggio di tutti i componenti per la realizzazione del prodotto finito.

Questo processo è articolato in 5 fasi:

1. creazione roller-set: in questa fase vengono abbinati anello interno, gabbie e rulli creando il cosiddetto "roller-set";

Figura 48. Zona per la creazione del roller-set

2. combinazione di due roller-set: vengono abbinati due roller-set ad un anello esterno;
3. gioco assiale e rodaggio: durante questa fase viene creato il cosiddetto "gioco assiale". Il gioco assiale consiste nel dislocamento totale possibile tra gli anelli nella direzione assiale. Per poter creare tale gioco, si mette in rotazione il cuscinetto e, con una determinata pressione, si assestano i rulli sulle piste in modo da ridurre il gioco assiale al minimo. Successivamente, sempre tramite la stessa macchina, viene calcolato il gioco assiale richiesto da quello specifico cuscinetto e inserito un distanziale centrale rettificato per soddisfare la misura necessaria. Durante la rotazione, viene eseguito anche il rodaggio delle piste mediante un lavaggio con apposito liquido (in genere si utilizza una miscela di petrolio e olio chiamata "Ilocut EDM 200");

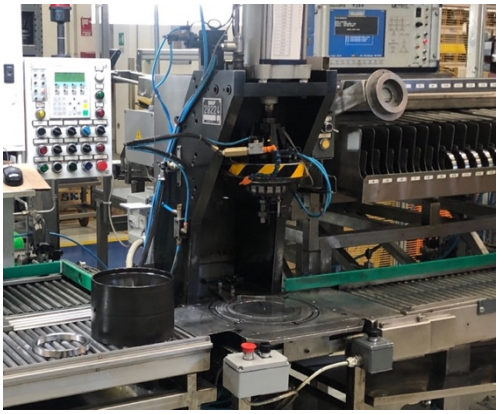


Figura 49. Macchina per il rodaggio e per il calcolo del gioco assiale

4. Ingrassaggio: la fase di ingrassaggio prevede l'inserimento del grasso all'interno del cuscinetto. Il grasso viene inserito nel seguente ordine:
    a. Ingrassaggio centrale: viene posto il grasso tra il distanziale centrale e l'anello esterno;
    b. Ingrassaggio tra rulli e anello interno: questa procedura viene fatta due volte, una per ogni anello interno.

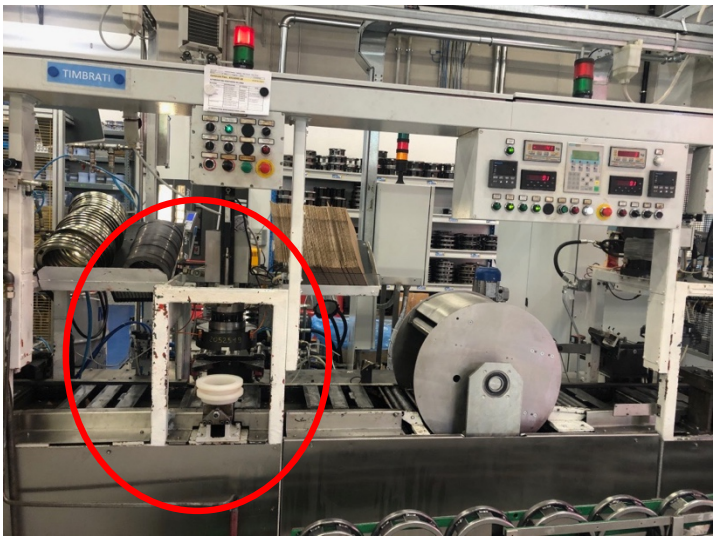


Figura 50. Zona ingrassaggio. In rosso è evidenziata il macchinario usato per l'applicazione del grasso

5. Sigillatura della TBU e montaggio di eventuali componenti accessori richiesti dal cliente (ad esempio distanziali, end-cap, ecc).

3.2. Parametri di controllo del processo produttivo dei cuscinetti

Nella descrizione del processo di lavorazione degli anelli sono stati inseriti anche i diversi controlli che l'SKF fa, non soltanto per soddisfare i propri clienti ma anche per la propria politica interna.

Inoltre, vengono anche eseguiti dei controlli di qualità legati agli anelli interni ed esterni che richiedono una particolare attenzione. Lo stabilimento ricorre infatti a delle carte di controllo, strumenti utili per monitorare un processo mediante

caratteristiche misurabili. In particolare, vengono tenuti sotto controllo i valori medi (X) e il range di deviazione tra i valori (R) [25] delle caratteristiche misurabili di riferimento.

Sono due le fasi che accompagnano l'uso delle carte di controllo:

1. fase di impianto: fase di costruzione in cui si costruiscono gli elementi essenziali per la carta di controllo;
2. fase di monitoraggio: in cui si usano le carte di controllo per valutare l'andamento del processo nel tempo.

In breve, dunque, le carte di controllo permettono di verificare i cambiamenti nel tempo di un certo parametro.

Nel caso specifico dei processi di lavorazione dello stabilimento SKF di riferimento, si distinguono:

- Carta X-R per il controllo del diametro interno dell'anello interno;
- Carta X-R per il controllo del diametro esterno dell'anello esterno.

Per quanto concerne il processo di lavorazione degli anelli, la caratteristica stimata è la misura del diametro degli anelli. Tale misura è effettuata nel rispetto di procedure di campionamento definite.

Il campionamento per tali misurazioni, di norma, è di tipo statistico, con frequenza variabile in base al tipo di anello in questione. Talvolta sono direttamente i clienti a richiedere di modificare le frequenze di campionamento; è possibile, infatti, osservare casi reali di campionamento al 100%.

In particolare, le carte X-R degli anelli interni sfruttano le misurazioni del diametro interno, subito dopo la fase 5 dei processi di rettifica degli anelli interni. Le carte X-R degli anelli esterni, invece, sono realizzate in seguito alla fase 2 del processo di rettifica degli anelli esterni (vedi cap. 3 par 3.1.1).

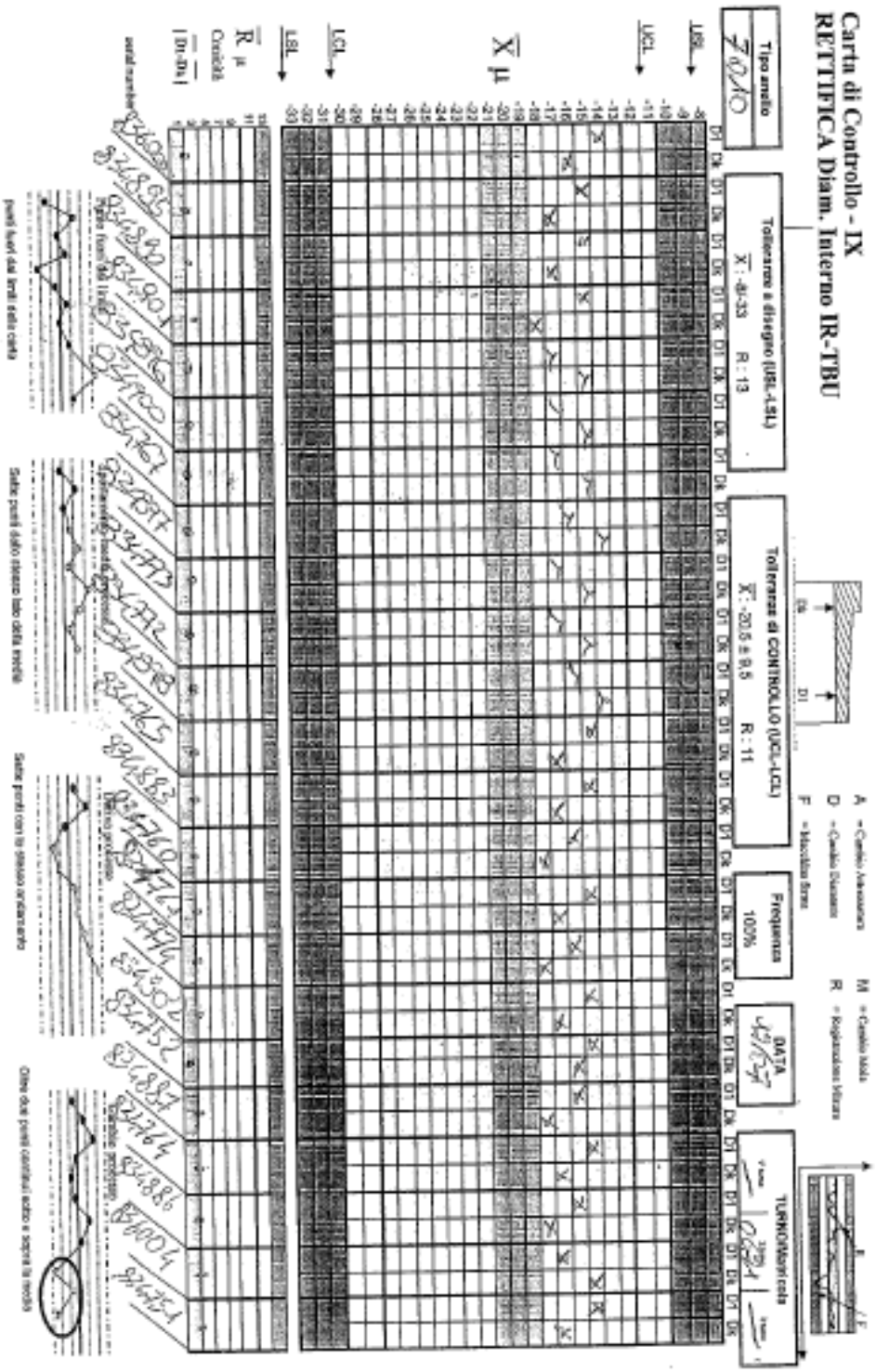


Figura 51. Carta di controllo X-R con frequenza al 100% del diametro interno dell'anello interno

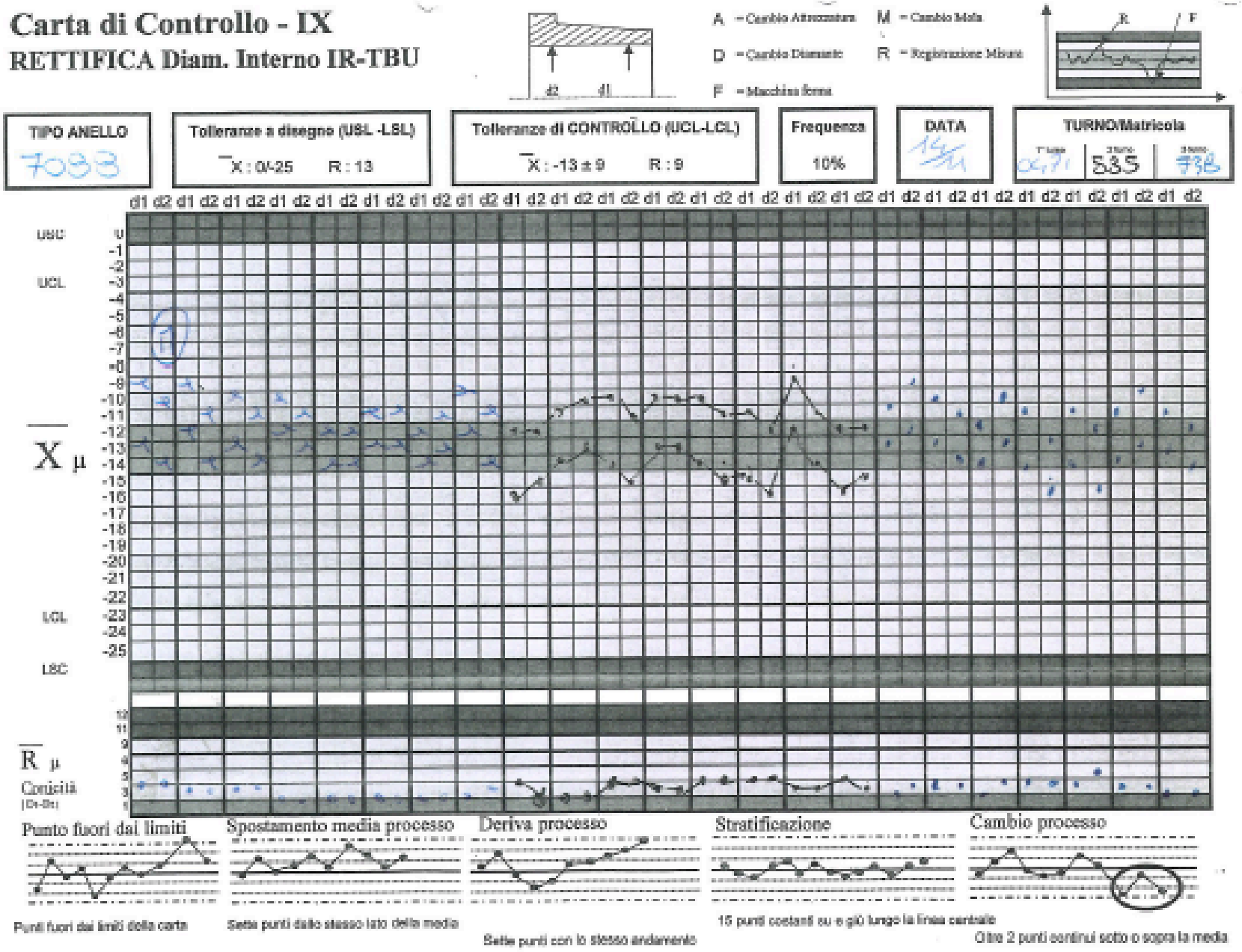


Figura 52. Carta di controllo X-R con frequenza al 10% del diametro interno dell'anello interno

Come è possibile notare osservando tali immagini, nella figura 51 la frequenza di campionamento è del 100%, mentre nella figura 52 la frequenza di campionamento è del 10%.

Tale differenza risiede nel fatto che il particolare tipo di anello interno ”7010” è destinato a clienti tedeschi che hanno espressamente richiesto un campionamento al 100%. Questo tipo di campionamento richiede, naturalmente, dei costi maggiori e un monitoraggio più preciso; motivo per cui il prezzo di vendita della TBU finita è maggiore.

4. CONCETTI GENERALI SULLA LEAN MANUFACTURING

4.1. Lean manufacturing

4.1.1. Cenni storici

"*The machine that changed the world*" [16]. È stata proprio questa famosa frase, pronunciata dai ricercatori della MIT Womack e Jones, a dare avvio alla diffusione del TPS (Toyota Production System) in tutto il mondo industriale, noto oggi con il nome di "Lean Manufacturing".

Fu a partire dalla seconda metà del '900 che si iniziarono ad intravedere i primi cambiamenti nell'ambito industriale. Il protagonista di questa nuova era fu proprio il Giappone, in particolare la Toyota Motor Corporation, nata a Toyota nel 1937.

Mentre la crisi di quegli anni scoraggiava diverse realtà industriali, la Toyota riuscì ad emergere e a migliorare le proprie prestazioni, ergendo la struttura organizzativa e produttiva sulle fondamenta della Lean Manufacturing.

4.1.2. Principi della Lean Manufacturing

La *Lean Manufacturing* (o produzione snella) rappresenta un nuovo modo di gestire la produzione, che interessa tutta la catena produttiva: dalle funzioni amministrative a quelle operative. L'idea di fondo della *Lean Manufacturing* è quella di utilizzare "meno di tutto": meno sforzo umano, meno ore di ingegneria, meno spazio in fabbrica e così via. Tale sistema di produzione sostiene, quindi, un uso efficiente delle risorse.

La "produzione snella" si basa su 5 pilastri fondamentali [26]:

1. Identificazione del valore aziendale per il cliente
2. Identificazione del flusso di valore per ogni prodotto
3. Far scorrere il flusso del processo produttivo in modo continuo
4. Utilizzo di logiche di mercato pull
5. Continua ricerca della perfezione e della riduzione degli sprechi.

Gli aspetti sopra descritti evidenziano come il sistema di produzione si concentri principalmente sul cliente finale e sul valore del prodotto, cercando di eliminare ciò che al contrario non crea valore.

Inoltre, al fine di ottenere risultati duraturi, la *Lean Manufacturing* investe sul capitale umano, in quanto strettamente connesso all'approccio Lean per via dei cambiamenti culturali che quest'ultimo richiede.

Si può certamente affermare che i risultati di questo innovativo sistema di produzione e gestione portino ad un'elevata riduzione dei costi, una migliore organizzazione e un aumento del valore percepito dal cliente finale.

È possibile giungere a tali conclusioni effettuando un'attenta analisi dei 5 fondamenti della Lean Manufacturing espressi di seguito.

4.1.2.1 IDENTIFICAZIONE DEL VALORE AZIENDALE PER IL CLIENTE

In ogni realtà industriale è il cliente a ricoprire il ruolo più importante.

Anche la Lean manufacturing, come sistema di organizzazione della realtà industriale, si fonda sul cliente, identificando in primo luogo ciò che per quest'ultimo ha valore. Per tali ragioni, una prima analisi aziendale mira a individuare quale dei prodotti crea più valore per il cliente.

4.1.2.2 IDENTIFICAZIONE DEL FLUSSO DI VALORE PER OGNI PRODOTTO: VALUE STREAM MAPPING

Il flusso di valore (o *Value Stream*) è la mappatura grafica di tutti i processi e attività che concorrono alla realizzazione del prodotto finale.

Il fine ultimo del flusso di valore non è tanto quello di ottimizzare il singolo processo, quanto permettere un miglioramento integrato e continuo.

4.1.2.3 SCORRIMENTO CONTINUO DEL FLUSSO DEL PROCESSO PRODUTTIVO

Dopo aver definito il valore, mappato il Value Stream per un determinato prodotto, è necessario generare un ritmo ordinato e continuo di produzione. Questo è realizzato tramite manovre di intervento mirate all'eliminazione dei tempi di attesa e scarti, riduzione dei lotti e delle scorte WIP.

L'ideale sarebbe il raggiungimento di un flusso di produzione snello che prosegua lungo tutte le sue attività (che portano valore) partendo dal prelievo delle materie prime, fino al raggiungimento del cliente finale.

4.1.2.4 UTILIZZO DI LOGICHE DI MERCATO PULL

Il quarto pilastro della *Lean manufacturing* esprime la necessità di allineare il flusso produttivo alla domanda del cliente finale. Questo si traduce nella realizzazione di un sistema *pull* piuttosto che *push*. Generalmente si parla di "logica pull" quando è il cliente stesso a "tirare" la produzione.

Le tecniche di pianificazione a fabbisogno, dove è la domanda a condizionare la produzione, si traducono nel modello di produzione "Just in Time" e consentono di minimizzare i quantitativi di scorte lungo la filiera produttiva (le cosiddette scorte in transito).

4.1.2.5 RIDUZIONE DEGLI SPRECHI

L'ultimo pilastro della *Lean Manufacturing* riflette l'esigenza di ricercare un continuo miglioramento.

Naturalmente è difficile che possa essere raggiunta la perfezione, ma risulta comunque di fondamentale importanza provare a migliorare sempre più, monitorando i processi e le attività al fine di verificare che l'andamento di questi non si discosti dai principi della Lean manufacturing.

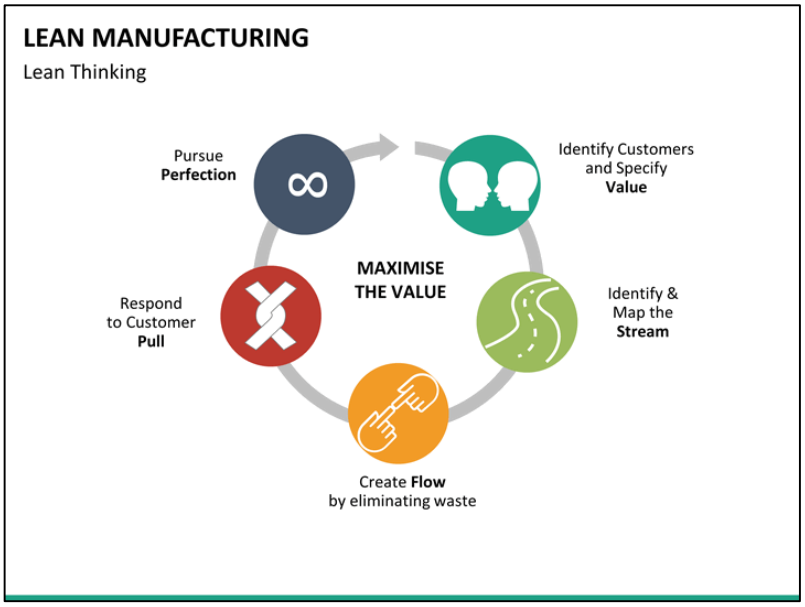


Figura 53. Principi della Lean Manufacturing (da: W.H. Meanor, 2018)

4.1.3. Necessità delle aziende di lavorare in Lean

Nel XXI secolo assistiamo continuamente alla lotta verso l'innovazione in ogni settore. Facciamo parte di una realtà in cui la tecnologia occupa il primo posto, creando sempre più valore per il cliente finale. I prodotti hanno un ciclo di vita sempre più ridotto e sono caratterizzati da un processo di trasformazione in *commodity* sempre più veloce.

Di fronte a tali condizioni vi è un'attrattività sempre maggiore verso i cambiamenti tecnologici e innovativi, in altri termini una continua ricerca della perfezione da un punto di vista qualitativo. Tuttavia, se da un lato serve indubbiamente innovarsi, dall'altro vi è una necessità sempre maggiore di ricercare l'efficienza e, di conseguenza, la riduzione dei costi. Tale necessità deriva dal fatto che è sempre più difficile riuscire a distribuire un prodotto o un servizio caratterizzato da un vantaggio competitivo che sia diverso dal vantaggio di costo.

Proprio per queste ragioni, vi è un bisogno sempre maggiore di sfruttare i principi della Lean manufacturing.

Ad oggi, infatti, un'impresa che non si pone come obiettivo la riduzione dei costi rischia di perdere in efficienza, riducendo il proprio vantaggio competitivo che spesso sfocia appunto nell'avere grossi margini dovuti a costi ridotti.

5. GESTIONE MAGAZZINO MATERIALI INDIRETTI

SKF suddivide le tipologie di scorte in 3 categorie:

1. Scorte di manifattura/in transito (WIP).
2. Scorte di materiali diretti.
3. Scorte di materiali indiretti (anche chiamati Others stock).

Vengono definite "scorte di manifattura/in transito" tutte quelle componenti in attesa di completare le lavorazioni ma che sono già entrate nel ciclo produttivo [1].
Le "scorte di materiali diretti" sono l'insieme dei componenti esaminati in precedenza che compongono la TBU, componenti, quindi, presenti nella distinta base del prodotto finito; tra questi ritroviamo gli anelli esterni e interni, le gabbie, i rulli, i distanziali ecc. (veda cap. 2, par. 2.2).
Infine, le "scorte di materiali indiretti" sono formate da tutti quei materiali oggetto del mio studio, materiali che non sono presenti nella distinta base del prodotto finito ma che sono di ausilio alla produzione (veda cap. 2, par. 2.3).

Il magazzino dello stabilimento SKF a Villar Perosa è caratterizzato da una piccola area adibita al contenimento dei materiali indiretti e una seconda aerea destinata al contenimento di materiali diretti. L'area impiegata allo stoccaggio dei materiali diretti è chiamata PalaTBU.
Il magazzino di interesse per la mia analisi è un magazzino contabile che fa riferimento a due diversi magazzini fisici: rispettivamente MAU ad Airasca e 710 in sede (Villar Perosa). Infatti, lo stabilimento SKF di Airasca funge da magazzino per molti stabilimenti della catena svedese. Proprio per questo la mia analisi sarà funzione dell'others stock presente in sede (Villar Perosa) e fuori sede (Airasca).
La sede centrale della catena svedese, come annunciato dal Direttore Supply Chain Eberhard Gass durante una *conference call* tenutasi l'11 aprile 2019, sta sollecitando gli stabilimenti di tutto il mondo alla riduzione dello stock dei materiali indiretti di almeno il 5% (figura 54).

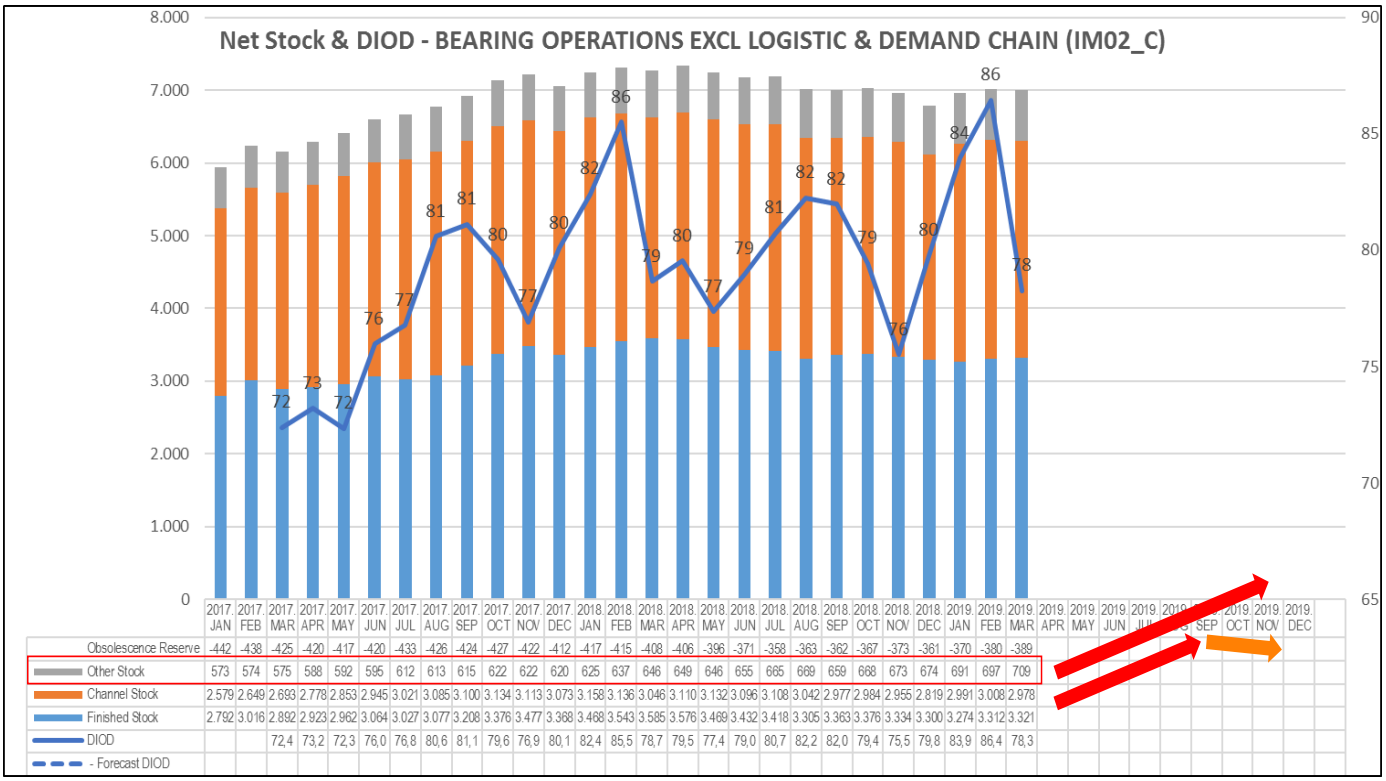


Figura 54. Grafico riportato durante la conference call dal direttore della Supply Chain di SKF

Il grafico in figura 54 mette in risalto la richiesta avanzata dal direttore della Supply Chain. È proprio tale richiesta ad aver rappresentato il punto di partenza per il progetto di ottimizzazione presentato nei prossimi capitoli.

Preme sottolineare a tal proposito che, sebbene i materiali indiretti abbiano una rilevanza economica minore rispetto a quelli strettamente legati al prodotto, la loro ottimizzazione in termini di stock potrebbe portare a risultati notevoli, anche immediati. Purtroppo però, la non sufficiente considerazione dei materiali indiretti ha portato ad una scorretta gestione, monitoraggio e contabilità delle quantità relative.

Per quanto riguarda le operazioni di monitoraggio dello stock dei materiali diretti, queste ultime sono invece costantemente incentivate e hanno portato a rilevanti risultati negli ultimi anni. Nonostante ciò, attualmente l'azienda si trova in una posizione di stallo per quanto concerne quest'ultimi.

Viceversa, relativamente ai materiali indiretti, l'avvio del progetto di ottimizzazione – verso il quale inizialmente non era stata prestata sufficiente attenzione – ha visto la realizzazione di manovre di aggiustamento efficienti in tempi non particolarmente lunghi.

5.1. DIOD e gestione stock

I principali indicatori del livello di servizio di un'azienda sono strettamente connessi alle *delivery* e alla produttività. Le *delivery* rappresentano le consegne di prodotto finito che l'azienda registra, la produttività è definita dal rapporto tra la quantità di output e la media ponderata degli input utilizzati nel processo di produzione.

Le *delivery* e la produttività spesso sono direttamente proporzionali. Generalmente, l'incremento della produttività è un aspetto positivo per le industrie nella fase di espansione, fase in cui si cerca di ottenere fette del mercato sempre più grosse.

Un aumento della produttività, solitamente, ha come conseguenza l'aumento dello stock. Questo perché, l'incremento del ritmo della fabbrica e, quindi, l'aumento della produzione, si traduce nella necessità di avere la disponibilità di materie prime. Tale ragionamento è specifico per le industrie che non lavorano in JIT, per cui lo stock è necessario per non venir meno alle promesse fatte al cliente e produrre il quantitativo stabilito nei tempi previsti.

A causa delle frequenti variazioni delle *delivery*, spesso il monitoraggio dello stock è falsato dall'andamento della produzione.

Alla luce delle considerazioni appena esposte, SKF ha deciso, da un paio di anni, di adottare una misura di controllo stock in funzione proprio delle *delivery*. Una misura, cioè, che possa tenere conto dell'andamento della produttività mensile della fabbrica nella valutazione monetaria dello stock presente.

La seguente formula prende il nome di DIOD ed esprime la quantità di stock (in termini monetari) in funzione delle *delivery* dell'ultimo trimestre:

$$DIOD = \frac{Net\ inventories}{Delivery\ of\ last\ 3\ month*4} * 365 \qquad (1)$$

Questa relazione permette, dunque, di monitorare lo stock al netto delle *delivery* degli ultimi 3 mesi, tenendo così in considerazione il livello di produzione dell'industria costantemente aggiornato.

È possibile riportare, a titolo di esempio, il calcolo del DIOD effettuato nel corso del 2017 (veda fig. 55).

Month	SC (K€)	Delivery 3 mesi	Delivery annuale	DIOD	Mesi	Delivery
gen-17	261.000	8.584.000	34.336.000	2,774493243	ott-16	3.178.000
feb-17	253.000	8.434.000	33.736.000	2,737283613	nov-16	3.023.000
mar-17	272.000	8.418.000	33.672.000	2,948443811	dic-16	2.383.000
apr-17	263.000	9.384.000	37.536.000	2,557411552	gen-17	3.028.000
mag-17	286.000	9.140.000	36.560.000	2,855306345	feb-17	3.007.000
giu-17	308.000	9.542.000	38.168.000	2,945399287	mar-17	3.349.000
lug-17	316.000	9.392.000	37.568.000	3,070166099	apr-17	2.784.000
ago-17	322.000	9.816.000	39.264.000	2,993327221	mag-17	3.409.000
set-17	331.000	8.027.000	32.108.000	3,762769403	giu-17	3.199.000
ott-17	293.000	8.027.000	32.108.000	3,330789834	lug-17	3.208.000
nov-17	285.000	8.175.000	32.700.000	3,181192661	ago-17	1.620.000
dic-17	266.000	9.810.000	39.240.000	2,474260953	set-17	3.199.000

Figura 55. Esempio applicazione DIOD

Nella figura 55 è raffigurato un esempio sull'andamento dello stock dei materiali indiretti nell'arco di un anno (il 2017). Nella colonna evidenziata in rosso, vi sono i diversi DIOD calcolati nell'arco di ogni mese. Come è possibile notare dall'ultima colonna, quella delle delivery, sono prese in esame le delivery a partire da ottobre 2016. Questo perché al denominatore della formula del DIOD, vi sono le delivery degli ultimi 3 mesi.

5.2. Gestione magazzini SKF Villar Perosa

Lo stabilimento SKF di Villar Perosa non dispone di magazzini sufficientemente capienti da contenere tutto il loro stock, per cui affida la principale gestione del

magazzino allo stabilimento SKF di Airasca, dove è presente un magazzino automatico all'avanguardia che tiene a stock componenti diretti, indiretti e prodotto finito. Nel momento di necessità di componenti in sede, viene fatta una richiesta di alimentazione verso lo stabilimento di Airasca, emessa con un Lead Time di circa 2 giorni.

Figura 56. Foto magazzino materiali indiretti Villar Perosa

5.2.1. Sistema WASS

Il magazzino di Airasca genera giornalmente un documento contenente le quantità registrate a stock. Tale documento è frutto della gestione del sistema informativo WASS utilizzato ad Airasca per lo svolgimento delle seguenti funzioni:

- rifornimento di materiali;
- gestione dei sistemi di *picking*: con il termine *picking* si intende l'attività di selezione e prelievo parziale di materiali (appartenenti a diverse unità di carico) che può essere svolta in quasi tutti i tipi di magazzini e si verifica ogniqualvolta sia necessario raggruppare pacchi, componenti, prodotti o materiali che, una volta riuniti, verranno elaborati e spediti [28];
- controllo dell'inventario.

WASS è dotato di un metodo di funzionamento fondato su una serie di azioni standard che garantiscono che le merci che entrano nel magazzino siano registrate, convalidate e archiviate nelle relative posizioni.
Come già detto in precedenza, lo stabilimento TBU sfrutta il magazzino di Airasca come magazzino centrale. Di conseguenza, in riferimento alla relazione tra TBU e Airasca, il sistema WASS genera dei file Excel contenenti le quantità a stock di tutti i componenti, sia diretti che indiretti. Tali estratti consentono all'ufficio *Supply Chain* di Villar Perosa di gestire al meglio le fasi di alimentazione dal magazzino centrale.

5.2.2. Sistema MCSS

Il sistema adoperato dallo stabilimento di Villar Perosa, sfruttato per le registrazioni contabili dei materiali in stock e per gli ordini ai fornitori, è l'MCSS (Manufacturing Customers System Service). Un sistema che assiste l'azienda a 360 gradi e dal quale è possibile estrapolare svariate informazioni.
In particolare, il sistema permette di:

- registrare contabilmente lo stock;
- emettere ordini verso fornitori;
- restituire le informazioni di tutti i componenti e materiali che l'azienda lavora o movimenta;
- gestire altre funzioni secondarie.

In questo sistema sono stati disposti diversi magazzini contabili definiti dalle differenti tipologie di componenti che lo stabilimento gestisce. Tra questi sono presenti il magazzino 710 e il magazzino MAU dedicati alla contabilizzazione dello stock presente a Villar Perosa. Nel sistema è presente anche il magazzino MAU con posizione Air che identifica la posizione del componente. "Air" sta per Airasca e include tutti i componenti in stock ad Airasca.
Per quanto concerne il monitoraggio dei materiali indiretti l'attenzione cadrà su 710, MAU e MAU con posizione Air.

5.3. Capitale immobilizzato come costo per l'azienda

Per il presente progetto, i principi della *Lean Manufacturing* (già esposti al capitolo 4 par. 4.1.2) saranno adattati allo specifico caso dell'ottimizzazione dello stock dei materiali indiretti.

Sono due i criteri da soddisfare per poter classificare un bene come "bene immobilizzato": quest'ultimo generalmente è utilizzato nelle normali operazioni commerciali ed è destinato a essere tenuto e utilizzato per più di un periodo.

Pertanto, un capitale (o bene) immobilizzato è considerato tale nel momento in cui non esaurisce la sua utilità nell'immediato.

Per tali ragioni, le scorte di magazzino rientrano nei capitali immobilizzati e sono per l'azienda dei costi non irrisori.

Sebbene le scorte di magazzino, in certi casi, siano inevitabili per la continuità della produzione e per ridurre il rischio di andare in contro a "*broken*" (mancate promesse al cliente finale), è auspicabile cercare di ridurre queste al minimo; orientandosi così alla filosofia del "Just in Time", una filosofia che sfrutta i principi della *Lean Manufacturing* per ridurre gli sprechi, sia di tempo che di materiali.

Ogni azienda dispone delle sue tipologie di scorte che spesso possono discostarsi da quelle definite a livello teorico.

5.4. Rilevanza dei costi di inventory management

Un livello ottimale di scorte contribuisce al raggiungimento di un livello di servizio ideale. Il livello di servizio ottimale è quello che assicura al cliente la consegna della merce nelle quantità e nei tempi richiesti dal cliente.

Gli autori Montrone [8], Amodeo [2], Orio [9] e Scicutella [14] hanno distinto i costi legati all'*inventory management* in:

- costi di ordinazione;
- costi di mantenimento.

I primi sono tutti quei costi logistici legati al riordino dei vari componenti; i secondi sono, invece, i costi associati al mantenimento del materiale nel magazzino.

Gli autori sostengono inoltre che i costi che maggiormente incidono sull'attività industriale sono quelli di mantenimento.

In particolare, le aziende si imbattono in un sottile *trade-off* tra queste due voci di costo. Questo perché quando l'azienda decide di ridurre i costi di ordinazione e, di conseguenza, aumentare le quantità ordinate per ogni ordine effettuato, ad aumentare saranno anche i costi di mantenimento. Viceversa, se un'azienda *mira* alla riduzione dei costi di mantenimento, si troverà costretta a effettuare ordini frequentemente e aumentare i costi di ordinazione.

Un livello ottimale di stock garantisce, appunto, un corretto *trade-off* tra i costi di ordinazione e i costi di mantenimento.

I costi di mantenimento possono essere esplosi in sotto voci di costo:

- costi di stoccaggio legati al mantenimento dei materiali in magazzino con canone di affitto;
- costi di rischio per il mantenimento stock, inerenti ai rischi cui vanno incontro i materiali tenuti immobilizzati in magazzino;
- costi assicurativi sostenuti per proteggere i materiali in stock;
- costi del personale dedicato alla gestione stock;
- costi ordinazione;
- costi di inefficienza, ovvero costi legati alla perdita di vendite al cliente e il conseguente inutilizzo del materiale in stock.

$$h = \sum_{i=1}^{n}\left(G_{m_{Ci}} * C_{v_{Ci}} * C_d\right) + C_A + C_R \qquad (2)$$

Dove:

- $G_{m_{Ci}}$ = Giacenza media del singolo componente C_i
- $C_{v_{Ci}}$ = Costo variabile
- C_d = Costo denaro
- C_A = Costo ordinazione
- C_R = Parametro di costo che racchiude le restanti voci di costo elencate

Tale analisi consente ulteriormente di notare come sia importante riuscire a raggiungere il livello di stock ottimale, livello che possa garantire la minimizzazione dei costi e orientare l'azienda alla *Lean Production*.
Le riflessioni riportate di seguito fanno riferimento al progetto di ottimizzazione di cui mi sono occupato personalmente durante lo stage.

6. PROBLEMATICHE DI GESTIONE

I processi di ottimizzazione sono processi mirati alla definizione di strategie di efficienza operativa e produttiva.

L'operazione preliminare per il progetto di ottimizzazione è stata proprio quella di monitoraggio: ho iniziato dal monitorare l'andamento delle scorte dei materiali indiretti e le relative movimentazioni del magazzino.

Durante questa prima fase ho preso dimestichezza con le terminologie dei componenti e della struttura. L'azienda tratta infatti numerosi materiali indiretti, di diverse tipologie e provenienti da una grossa varietà di fornitori.

In particolare, ho concentrato la mia attenzione sui materiali con un più alto costo di stoccaggio, tra cui le mole di rettifica e le pietre di lappatura. Questo non vuol dire che abbia trascurato gli altri materiali, ma semplicemente che ho deciso di intraprendere una strategia di monitoraggio a strati. In questo modo ho avuto la possibilità di eseguire un'analisi *step by step*.

Nel presente capitolo presento un'analisi dei principali problemi riscontrati, per poi proporre, nel settimo capitolo, soluzioni alternative.

6.1. Principali problemi riscontrati

Le principali criticità individuate sono di natura logistica e organizzativa. Ho infatti notato la presenza di problematiche rilevanti che ostacolano il passaggio di informazioni e generano problemi di organizzazione.

Generalmente, quando i tempi sono ristretti le realtà aziendali, pur di non ostacolare il loro sentiero produttivo, preferiscono concentrare le loro forze su percorsi più critici. Trascurando però problematiche "più lievi", quali ad esempio la gestione stock dei materiali indiretti, si rischia di generare pesanti ripercussioni nel futuro.

A questo proposito, nei prossimi paragrafi affronterò e proporrò delle possibili soluzioni alle seguenti criticità:

1. Inadeguato controllo del magazzino;

2. Bassa importanza per i materiali indiretti;
3. Limitata comunicazione tra officina, magazzino e uffici;
4. Disallineamento tra sistema contabile e fisico;
5. Ridotta tracciabilità del consumo dei materiali indiretti;
6. Scarsa frequenza degli inventari a Villar Perosa ed Airasca;
7. Inefficiente organizzazione dei magazzini contabili;
8. *Safety stock* calcolato senza fondamenta teoriche;
9. Spazio fisico occupato da item obsoleti o non registrati contabilmente;
10. Codici degli item simili tra loro che generano molta confusione.

6.1.1. Inadeguato controllo del magazzino

Sin dall'inizio del mio stage ho notato un' evidente debolezza: il controllo dei componenti indiretti è affidato ad una sola persona.
La persona che controlla lo stock ha in realtà il ruolo di disporre i componenti e gli accessori necessari per eseguire i cambi tipo delle macchine durante la giornata. Inoltre si occupa di ordinare le mole di rettifica, le pietre di lappatura e altri materiali indiretti quando strettamente necessario. Per tali ragioni il suo compito principale non è quello di magazziniere ma, in assenza di una figura che svolga tale compito, è costretto a seguire anche parte dei componenti in magazzino.
Inoltre, la figura in esame non ha figure di backup, ovvero figure che possano sostituirlo in caso di assenza.

In riferimento ai componenti oggetto del mio studio, questi ultimi sono attualmente situati in posizioni che risultano più agevoli all'addetto ai cambi tipo, ragione per cui un eventuale sostituto avrebbe problemi ad individuare autonomamente tali materiali. Si ha, quindi, un ordine dello spazio fisico del magazzino strutturato in maniera tacita.
Un'ennesima problematica derivante dall'assenza di una vera e propria figura di magazziniere è dovuta al fatto che i prelievi in magazzino spesso non sono registrati contabilmente, andando a creare dei disallineamenti tra il sistema contabile MCSS e quello fisico. Tale criticità risulta inoltre amplificata dal

momento che gli addetti alle mansioni operative che lavorano in officina sono disposti su 3 turni di lavoro differenti. In questo modo, l'addetto ai cambi tipo, lavorando su un solo turno, lascia scoperti gli altri due.
Quanto appena esposto porta inevitabilmente a sostanziali perdite di tempo e soprattutto ad una mancata visione organica dei flussi.

Un esempio concreto di quanto riportato sopra è la fase di richiesta mole da parte degli addetti alle lavorazioni meccaniche. Quando uno degli addetti ha necessità di prelevare dal magazzino un materiale, si dirige nella zona dedicata allo stoccaggio dei materiali indiretti (fig. 57) e, senza alcuna registrazione, ritira ciò di cui necessita.

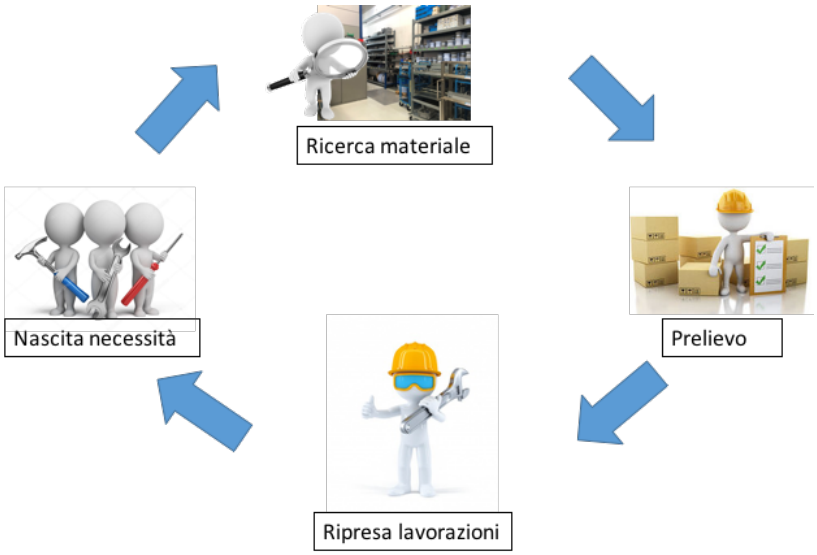


Figura 57. Attuale organizzazione del prelievo dei materiali indiretti in magazzino

Naturalmente lo stesso ragionamento è applicabile al deposito di materiale in magazzino, oltre che al prelievo.

6.1.2. Bassa priorità per i materiali indiretti

Come anticipato, la rilevanza economica dello stock dei materiali diretti è tale da richiedere un'attenzione particolare.

Al contrario, lo stock dei materiali indiretti è sempre stato trascurato per la sua minore rilevanza economica e per la mancanza di una figura che potesse occuparsene.
Lo stock totale, nel mese di aprile, quando ho iniziato il mio periodo di stage, ammontava a circa 3.000.000,00 €, cifra che include sia materiali indiretti che materiali diretti. Di questi, i volumi economici dei materiali indiretti ammontavano a 292.000€.
Sebbene la rilevanza economica sia la guida delle manovre di ottimizzazione, il mancato focus nei confronti dei materiali indiretti impedisce la possibilità di una riduzione stock che, con poco, può portare in percentuale a risultati eccellenti.

Va inoltre sottolineato che, prima del mio arrivo in azienda, non era mai stato preso alcun provvedimento per l'ottimizzazione degli stock dei materiali indiretti. La scarsa considerazione di quest'ultimi è anche conseguenza del fatto che questi sono caratterizzati da una scarsa tracciabilità del consumo, ragione per cui non è facile gestire le loro richieste di alimentazione e riordino. I materiali indiretti non hanno infatti dei parametri che possano restituire il loro stato di consumo in tempo reale, per cui non è facile ottimizzarne il riordino.

6.1.3. Limitata comunicazione tra officina, magazzino e uffici

Un'altra criticità da me rilevata è la ridotta comunicazione tra gli uffici e l'officina in riferimento ai materiali oggetto del mio studio. In realtà, sembrerebbe esservi una comunicazione inadeguata riguardo tutte le tipologie di materiali a stock, siano essi diretti o indiretti.
La mancata comunicazione inevitabilmente determina rilevanti discrepanze tra il contabile e il fisico. Tale problematica risulta inoltre strettamente connessa al primo problema presentato, relativo alla figura del magazziniere.
Si può infatti affermare con certezza come gli addetti al riordino dei materiali (ufficio *Supply Chain*) non siano pienamente informati riguardo la situazione aggiornata dei materiali indiretti presenti a stock.

6.1.4. Disallineamento tra sistema contabile e sistema fisico

Entrando più nel dettaglio delle discrepanze individuate tra il sistema contabile e quello fisico, è possibile distinguere tre tipologie di asimmetrie strettamente connesse alle attuali inefficienti metodologie di gestione dello stock:

1. componenti presenti in magazzino fisicamente ma non contabilmente;
2. componenti presenti in magazzino contabilmente ma non fisicamente;
3. componenti registrati correttamente a livello contabile ma in quantità scorrette.

Per quanto riguarda la prima categoria, i componenti presenti fisicamente ma non contabilmente, occupando in magazzino posizioni non giustificate economicamente, generano problemi a livello finanziario. In particolare, sono state individuate 10 tipologie di materiali indiretti (principalmente mole di rettifica) che rientrano in questa prima categoria.
Tali componenti possono essere definiti "componenti fantasma" in quanto, pur essendo presenti, non risultano tali per il reparto addetto al riordino. Inoltre, un allineamento del sistema di questi materiali porta ad un notevole incremento stock e sono proprio tali aspetti a determinare i problemi finanziari accennati sopra.

In riferimento alla seconda categoria, questa rappresenta la categoria più ostica in quanto individua, al contrario, componenti contabilmente registrati ma fisicamente inesistenti. Questi si traducono dunque in voci di costo che lo stabilimento TBU si trascina ma che non hanno alcuna giustificazione in quanto, come già detto, presenti soltanto a livello contabile ma non fisicamente. Sebbene quest'ultima categoria sia la più delicata, è anche la più facile da risolvere: intuitivamente sarebbe sufficiente rimuovere dal sistema i componenti non presenti fisicamente. Nello specifico, tali disallineamenti sono stati riscontrati in ben 8 tipologie di materiali indiretti.

La terza categoria relativa ai componenti non contabilizzati nelle quantità corrette risulta invece conseguenza di un'assenza di monitoraggio e controllo delle movimentazioni, in grado di mantenere allineato il sistema contabile con quello

fisico. In riferimento a questa terza categoria sono state identificate 40 tipologie di materiali indiretti.

Indubbiamente, tali problematiche, se non attentamente analizzate, incidono sul corretto lavoro degli addetti all'approvvigionamento dal momento che quest'ultimi pianificano in funzione delle quantità di materiali restituite dal sistema gestionale.

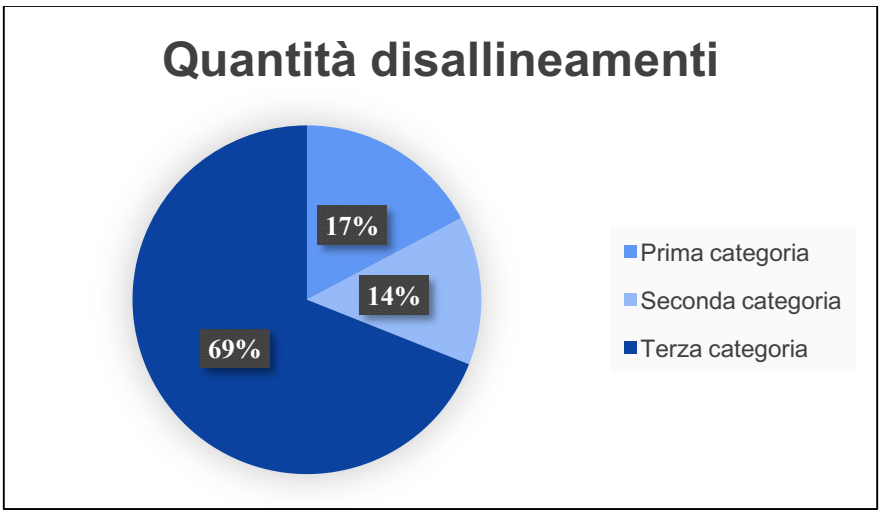


Figura 58. Grafico a torta delle categorie dei disallineamenti

6.1.5. Ridotta tracciabilità del consumo dei materiali indiretti

Anche il consumo degli utensili e dei materiali ausiliari è un parametro fondamentale per le politiche di riordino. Le politiche di riordino si fondano proprio sulla previsione della data entro la quale è necessario provvedere al rifornimento dei materiali. Il consumo dei componenti tracciato tramite specifici parametri, permette di monitorare le quantità aggiornate a stock dei materiali e, di conseguenza, individuare la possibile data in cui sarà necessario ordinarli.

Per quanto riguarda i materiali diretti, questi sono caratterizzati da parametri certi e misurabili che riflettono il consumo nel tempo; i materiali indiretti, al contrario, non presentano la stessa tracciabilità.

Tale aspetto è riconducibile al fatto che i materiali indiretti non sono presenti nella distinta base del prodotto finito e hanno una vita utile maggiore di quella di un singolo componente diretto della produzione.
Ad esempio, tra i materiali indiretti le mole di rettifica o le pietre di lappatura, utilizzate per rettificare gli anelli, possono essere adoperate anche diversi mesi prima di essere sostituite. Va inoltre ricordato come la durata di tali utensili sia strettamente legata al tipo di TBU che si sta realizzando, alla velocità delle macchine rettificatrici o lappatrici e, infine, alla temperatura a cui avviene la lavorazione.

Volendo inserire nelle politiche di riordino anche materiali di consumo, materiali ausiliari e utensili, nasce l'esigenza di trovare delle metodologie che possano permettere di gestire, dal punto di vista dei consumi, anche la particolare categoria dei materiali indiretti.
Avere un'indicazione di consumo dei materiali indiretti porterebbe a due conseguenze positive:

1. ottimizzare il riordino (realizzare politiche di riordino a più ampio spettro);
2. ridurre la probabilità di rimanere senza materiali necessari alla produzione che possano causare fermi macchina.

6.1.6. Scarsa frequenza degli inventari

La normale attività produttiva, eventuali imprevisti e i cambi turno possono creare dei problemi nel passaggio di informazioni. Tra queste ad esempio informazioni circa le quantità a stock di componenti diretti o indiretti.
Il buon monitoraggio e controllo dello stock parte da una corretta contabilizzazione di quest'ultimo. Per tali ragioni è strettamente necessario aggiornare e revisionare la lista di item presenti a stock.

In seguito alle analisi da me condotte, per quanto concerne i componenti di mio interesse, ho notato una carenza di inventari periodici. Gli inventari infatti vengono effettuati dalla persona che visiona il magazzino quando ha del tempo libero, in media una sola volta ogni due mesi.

Non vi è, dunque, una vera e propria programmazione degli inventari.

Tuttavia, sono diverse le ragioni per cui è fondamentale eseguire inventari periodici:

- fanno emergere eventuali discrepanze tra i componenti spediti dal fornitore e quelli effettivamente stoccati in seguito alla ricezione degli ordini. Permette, quindi, il controllo di eventuali perdite o mancate consegne;
- assicurano il raggiungimento degli obiettivi aziendali in termini di dati finanziari/economici richiesti;
- permettono di tenere traccia di quali componenti sono effettivamente utili all'azienda e di quali risultano solo dei costi che non generano utilità effettiva per l'industria;
- massimizzano i processi di riordino dei componenti. Per gli addetti al riordino dei componenti indiretti è importante avere dati circa le quantità effettive in sede per poter ordinare quantitativi corretti. Infatti, coloro che si occupano di questo, fondano le loro previsioni di approvvigionamento proprio sulle quantità dichiarate a stock: se tali quantità sono sbagliate, si rischia di ordinare più di quanto previsto o, peggio, meno di quanto necessario per la produzione;
- permettono interventi tempestivi laddove necessario.

6.1.7. Inefficiente organizzazione dei magazzini contabili

Nella parte introduttiva del presente elaborato ho brevemente accennato la diversa funzione dei magazzini contabili di SKF di Villar Perosa. Questi ultimi altro non sono che gli specchi duali dei magazzini fisici, in altri termini il luogo virtuale dove viene tenuta traccia delle quantità in stock.

In particolare, vi si accede tramite il software MCSS e sono classificati in funzione dei diversi componenti che contabilizzano.

Riguardo l'analisi sui componenti indiretti, come precedentemente espresso, ho fatto riferimento esclusivamente ai magazzini contabili MAU, MAU Air e 710.

A questo proposito, la principale problematica riscontrata riguarda il fatto che tali magazzini contabili spesso non presentano al loro interno la tipologia di componenti che invece dovrebbero avere.

Nello specifico, i magazzini contabili sono diversi tra loro proprio per contenere componenti differenti, pertanto la confusione dei magazzini contabili dello stabilimento SKF è dovuta al fatto che le diverse tipologie di componenti sono posizionate in magazzini contabili non congrui con la relativa tipologia.

Nel caso particolare dei componenti indiretti, è capitato ad esempio di trovare all'interno dei magazzini contabili dei materiali indiretti anche grassi per lubrificare il prodotto finito.

I grassi sono stoccati a Villar Perosa e registrati contabilmente nel magazzino MAU. In questo caso però la registrazione contabile dei grassi è scorretta in quanto questi, essendo gestiti in maniera indipendente rispetto agli altri componenti, dovrebbero essere contabilizzati in un magazzino a sé stante, proprio come avviene fisicamente il loro stoccaggio.

Questi errori di registrazione contabile causano, come diretta conseguenza, problemi in fase di estrapolazione dei report filtrati dal programma gestionale MCSS. Tali report risultano pertanto "inquinati" da componenti diversi da quelli richiesti per l'estrapolazione.

ItemNo	Store	BIN	Type	ItemDescription	A	S	P	I	ItemClass	Mtrl CD	ComG	Pref.Vendor	Tr.Date	SC	Mat	QTY	Stock Volume
BA:	168Z															56.352	295.766
Cluster:	IMM2															56.352	295.766
PDIV:	568R															56.352	295.766
1134446	MAU	MAG.OLI	Other	61010.1110	A	B	S			AL/OIL	3612	A.L.A.T. S.R.L.	20190206	2,34	2,34	600,00	1.401,60
1134450	MAU		Other	61010.1300	A	B	S			AL/OIL	3612	A.L.A.T. S.R.L.	20190326	2,14	2,14	720,00	1.540,80
1134467	MAU		Other	61010.2300	A	B	S			AL/OIL	361Z	A.L.A.T. S.R.L.	20190412	2,16	2,16	540,00	1.163,70
1134695	MAU		Other	61110.9925	A	B	S			CH/CHE	364Z	CHEMETALL ITALIA	20190419	3,96	3,96	40,00	158,32
1134742	MAU		Other	62120.1103	A	B	S			UN/CHE	364Z	NPC S.R.L.	20190417	0,35	0,35	425,00	147,05
1135742	MAU		Other	63590.50	A	B	S			FB/PAC	3ZZZ	FRATELLI BASTINO	20190404	3,29	3,29	32,00	105,28
1135829	MAU		Other	63693.131708	A	B	S				31K1	BALDI SNC DI BAL	20181120	0,03	0,03	14.000,00	476,00
1140541	MAU		Other	8441.3010	A	B	S				3Z41	NICMABOX SRL	20190404	3,26	3,26	3,00	9,79
1148545	MAU		Other	93000.30500571	A	B	T				3211	SAINT-GOBAIN ABR	20181120	41,60	41,60	3,00	124,80
1148565	MAU	AIR	Other	93084.30003378	A	B	T			TYR/TO	3211	TYROLIT SRL	20181003	60,58	60,58	40,00	2.423,00
1148849	MAU	AIR	Other	93200.61003330	A	B	T			TYR/TO	3213	TYROLIT SRL	20190419	818,41	818,41	3,00	2.455,22
1150866	MAU	T-A-6	Other	94010.050039	A	B	T			UR/TOO	333	URMA SAS DI F.FE	20190314	31,60	31,60	190,00	6.004,00
1150957	MAU	T-A-8	Other	94503.040012	A	B	T				33Z	L.I.T.D. SRL	20180920	78,85	78,85	18,00	1.419,23
1151055	MAU	T-A-7	Other	94611.004	A	B	T				33Z	AFFRI DI AFFRI R	20190404	257,55	257,55	10,00	2.575,50
1151155	MAU		Other	97002.120080162	A	B	T			SG/TOO	323	SAINT-GOBAIN ABR	20190314	1,48	1,48	600,00	885,60
1156102	MAU		Other	63693.172523	A	B	S			MA/PAC	3ZA	MAPI DI AUTELLI	20190404	0,06	0,06	2.000,00	126,00
1166713	MAU		Other	69810.0125	A	B	S			FF/TOO	3823	ENVIROGEN GROUP	20190404	4,86	4,86	90,00	437,13
1170195	MAU	T-A-6	Other	94010.1000	A	B	T			LI/TOO	333	L.I.T.D. SRL	20180104	69,68	69,68	8,00	557,42
1176719	MAU		Other	61010.2001	A	B	S			AL/OIL	361Z	A.L.A.T. S.R.L.	20190412	3,01	3,01	522,00	1.570,70
1226713	MAU	COL	Other	VL-1632279-4	A	B	C			SU/GRE	285	SKF USA INC. -62	20190419	5,68	5,68	720,00	4.089,60
1245054	MAU	MAG.AC.	Other	62310.10001	A	B	S			MA/CHE	364Z	MACDERMID PERFOR	20190410	1,80	1,80	125,00	225,00
1281068	MAU	39-E-1	Other	97202.2001201404	A	B	T			SG/TOO	323	SAINT-GOBAIN ABR	20190404	2,13	2,13	4.210,00	8.984,14
1282861	MAU		Other	VL-GEF/180	A	B	C			SK/GRE	285	SKF INTERNAT.AB-	20190223	14,27	14,27	540,00	7.706,34
1282861	MAU	COL	Other	VL-GEF/180	A	B	C			SK/GRE	285	SKF INTERNAT.AB-	20190408	14,27	14,27	540,00	7.706,34
1293008	MAU		Other	61010.10038	A	B	S			SI/OIL	3616	HOUGHTON ITALIA	20190408	2,61	2,61	850,00	2.218,50
1320285	MAU		Other	62410.10010	A	B	S			FB/PAC	364Z	FRATELLI BASTINO	20190314	5,60	5,60	11,00	61,60
1329199	MAU		Other	63382.10002	A	B	S			MA/PAC	31ZZ	MAPI DI AUTELLI	20190404	1,26	1,26	48,00	60,24
1345041	MAU		Other	97202.2001201688	A	B	T			TYR/TO	323	TYROLIT SRL	20190411	4,19	4,19	4.215,00	17.669,28

Figura 59. Report estrapolato dal sistema gestionale MCSS

La figura 59 rappresenta un esempio di report che restituisce tutti i componenti a stock nel magazzino MAU (quindi i componenti stoccati in sede a Villar Perosa). Riprendendo l'esempio riportato sopra, ritroviamo anche componenti come i grassi che, invece, non dovrebbero essere contabilizzati nel magazzino MAU ma in altri magazzini contabili. Questo errore è stato generato nel tempo da una scorretta contabilizzazione dei componenti.

Inoltre, è possibile individuare nel report la presenza di grassi in tutte quelle serie numeriche precedute dalla sigla "VL- ", sigla che li contraddistingue dalle altre tipologie di materiali.

6.1.8. Safety stock calcolato senza fondamenta teoriche

Prima di poter parlare di "*Safety Stock*" (scorta di sicurezza) è necessario introdurre il significato del *Lead time*. Con il termine "*Lead time*" si fa riferimento al tempo che intercorre tra l'emissione di un ordine e l'arrivo della fornitura richiesta.
Il *Lead time* è importante proprio perché il Safety Stock è calcolato in funzione di questo gap di tempo.
Il *Safety Stock* rappresenta pertanto la quantità di stock di sicurezza che serve per coprire il gap di tempo definito dal Lead time affinché la produzione non si arresti.
Ogni componente indiretto ha un tempo di riordino diverso. In particolare, le mole di rettifica o le pietre di lappatura hanno un Lead time che varia dai 40 ai 90 giorni lavorativi. Di conseguenza, il safety stock è calcolato tenendo conto della necessità di questi utensili nei giorni previsti per il Lead time. In media il safety stock è aggiornato ogni 6 mesi e tale aspetto è strettamente legato ai contratti stipulati con i fornitori e dalla frequenza con cui questi cambiano nel tempo.
Nello specifico, prima che l'SKF emetta un ordine al fornitore, seguono dei passaggi intermedi. Ad esempio, se il materiale desiderato si trova in stock ad Airasca, viene fatta una richiesta di alimentazione che permetta il trasferimento del materiale da Airasca a Villar Perosa. Successivamente, qualora ad Airasca non fosse presente la quantità desiderata, allora verrà emesso un nuovo ordine verso il fornitore. In questo caso, il lead time per l'alimentazione è inferiore a quello dell'emissione di un ordine, motivo per cui l'ufficio supply chain lavora per poter avere disponibile il materiale sempre disponibile ad Airasca
Generalmente, le alimentazioni vengono fatte considerando un Lead time di 2 giorni, anche per via di accordi presi con lo stabilimento SKF di Airasca.

È naturale che, in considerazione del fatto che il tempo di approvvigionamento dal fornitore è chiaramente superiore rispetto al lead time di Airasca.
Nel caso specifico dei componenti indiretti, il Safety Stock è calcolato "ad occhio", senza tenere conto del reale consumo di tali componenti. In particolare, come detto sopra, non si ha una corretta tracciabilità del consumo di questi materiali, ragione

per cui la base del problema risiede proprio nella tracciabilità del consumo, che poi si estenderà anche all'errato calcolo del safety stock.

Possiamo prendere in considerazione un caso reale in grado di esplicitare la problematica sopra esposta:

- pietre di lappatura “27-12-180”;
- pietre di lappatura “20-12-130”;
- pietre di lappatura “8-12-12”;
- pietre di lappatura “12-8-100”.

Per queste tipologie di pietre, è stato imposto originariamente un Lead Time di 40 giorni lavorativi. Dopo diversi ritardi da parte del fornitore, il Lead Time è stato aggiornato da 40 a 60 giorni lavorativi nell’arco di 6 mesi.

Tipologia	**Costo [€/componente]**	**Safety Stock (40gg) [€]**	**Safety Stock (60gg) [€]**	**Differenza [€]**
Pietre di lappatura 27-12-180	9,680	11.616,00	17.424,00	5.808,00
Pietre di lappatura 20-12-130	2,134	3201,00	4.801,5	1.600,5
Pietre di lappatura 8-12-12	1,838	1.470,4	2.205,6	735,2
Pietre di lappatura 12-8-100	1,476	369	553,5	184,5

TOTALE COSTI	*8.328,2*

Tabella 2. Tabella delle tipologie di pietre di lappatura

Chiaramente, l'incremento del Lead Time ha generato un incremento di Safety Stock e, come diretta conseguenza, un incremento dello stock per tali tipologie di pietre. Aumento che ammonta a 8.328,2 € nell'arco di 6 mesi.

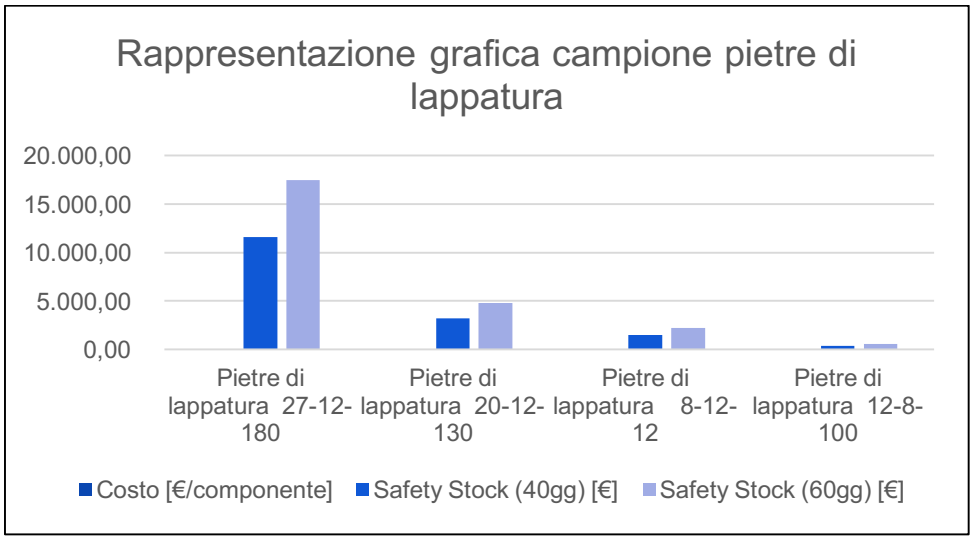


Figura 60. rappresentazione grafica tipologie di pietre di lappatura

Dalla figura 60 si nota come il Safety Stock nei 60 giorni sia maggiore del Safety Stock nei 40 giorni.

6.1.9. Spazio fisico occupato da item obsoleti o non registrati contabilmente

L'SKF, grazie alla tipologia di prodotto che commercializza, ha una produzione orientata alla "filosofia pull", secondo la quale è il cliente a trainare la produzione. In particolare, capita che venga richiesto un prodotto del tutto nuovo. Questo determina un turnover di tipologie di prodotti decisamente elevato.

Inoltre, spesso vengono lavorati componenti apparentemente simili tra loro, ma in realtà molto diversi.

Per tali ragioni, se da un lato capita di avere nuovi prodotti nelle richieste del cliente, caratterizzati da nuove distinte basi, dall'altro può anche accadere che

vengano in verità richiesti prodotti con distinte basi simili a vecchi componenti già prodotti.

A questo proposito, durante i periodici inventari effettuati, ho notato delle problematiche che, se non correttamente gestite, rischiano di generare un carico di costi maggiori per l'azienda.
Ad esempio, nel magazzino interno alla sede di Villar Perosa sono presenti item di materiali indiretti obsoleti, ovvero che non soddisfano più un fabbisogno. Gli operatori conservano questi materiali per un'eventuale necessità, andando a generare un incremento di stock non irrisorio, oltre che generare problemi di spazio fisico.

Volendo quantificare numericamente gli elementi del problema sopra esposto, sono stati rilevati 11 item obsoleti, per un corrispettivo di 604 componenti.

Numero items	Costo	Costo totale	Quantità	Anno ultima movimentazione
1399177	4,87 €	1.753,20 €	360	09/10/14
1516070	5,45 €	1.090,00 €	200	31/10/14
1556125	178,87 €	1.788,70 €	10	07/08/15
1556149	101,46 €	1.217,52 €	12	07/08/15
1556145	179,58 €	1.795,80 €	10	15/10/15
1584095	644,00 €	1.288,00 €	2	03/11/15
1584097	680,00 €	1.360,00 €	2	03/11/15
1584099	680,00 €	1.360,00 €	2	03/11/15
1584100	680,00 €	1.360,00 €	2	03/11/15
1584114	835,00 €	1.670,00 €	2	03/11/15
1584102	680,00 €	1.360,00 €	2	22/12/15

Figura 61. Elenco item obsoleti (anno 2014-2015)

Come si può osservare dalla figura 61, le ultime movimentazioni dei materiali riportati in figura risalgono al 2014/2015.

La data di movimentazione indica l'ultima volta in cui una specifica tipologia di componente (identificata, in questo caso, da un codice item) è stata movimentata in quanto necessaria. Una data di movimentazione così lontana nel tempo permette di comprendere come il relativo materiale possa non essere più necessario allo stabilimento.

Come anticipato precedentemente, il magazzino rappresenta un punto critico per la sede di Villar Perosa in quanto, avendo spazio parecchio limitato, non permette di tenere materiale in più rispetto al necessario. Proprio per questo motivo, il fatto di conservare componenti obsoleti causa problemi economici e organizzativi non indifferenti.

Sono due le tipologie di item che non dovrebbero fisicamente occupare spazio:

1. Item obsoleti che non più utilizzati;
2. Item non registrati contabilmente.

I primi sono item che non vengono più utilizzati, per i quali risulta necessario eseguire interventi mirati al loro smaltimento; i secondi rappresentano una tipologia meno complessa da gestire, già trattata nei precedenti paragrafi.

6.1.10. Difficoltà di gestione di item simili

Attualmente, i codici vengono assegnati agli item tramite un software che li genera in maniera automatica, senza che vi sia dunque alcuna associazione con la tipologia di componente che si vuole numerare.
Inoltre, i codici dei vari prodotti possono cambiare nel tempo e componenti con item vecchi vengono aggiornati solo quando necessario.
Il problema rilevato risiede nel fatto che, nel momento in cui vengono aggiornati nel sistema informativo i codici di eventuali componenti, gli addetti di competenza all'area di produzione, avendo già memorizzato l'item vecchio, per questione di comodità, non sono incentivati all'aggiornamento fisico di quest'ultimo.
Tale condizione determina non soltanto maggiori difficoltà nell'identificazione degli item, ma anche errori che possono a volte portare a scambiare un item per un

altro. Anche questa criticità è strettamente legata ad una organizzazione non ottimale dello stock e del magazzino.

Dal momento che la corretta organizzazione del magazzino è affidata esclusivamente a colui che ricopre, per l'appunto, il ruolo di "addetto al magazzino", qualora quest'ultimo fosse assente vi è un elevato rischio di commettere errori nella selezione dei componenti. Ritorniamo, dunque, a sottolineare la grande necessità di una figura di magazziniere espressa nel cap. 6 par. 6.1.1.

6.2. Importanza dell'organizzazione

Dall'analisi delle tematiche emerse in precedenza è evidente – all'interno dell'azienda SKF – la presenza di un vero e proprio problema di organizzazione generale.

Nello specifico, l'organizzazione aziendale definisce la struttura gerarchica dell'impresa (risorse) e il modo in cui questa interagisce nel raggiungimento di un determinato obiettivo. In altri termini, l'organizzazione rappresenta la base su cui viene fondato un determinato business e, per tali ragioni, risulta particolarmente difficile modificare abitudini e routine tipiche di una specifica organizzazione consolidata. Le routine organizzative sono azioni collettive all'interno del flusso di lavoro organizzativo riguardanti il bagaglio culturale che facilita il lavoro dei dipendenti. Al giorno d'oggi, le routine sono un fattore importante nella creazione dei presupposti di base per un ambiente di lavoro regolare e completo ed è per questo necessario organizzarle in modo ottimale, condivisibile e duraturo nel tempo.

6.3. Routine organizzative

L'organizzazione non è la semplice allocazione di compiti e responsabilità, ma un insieme di routine organizzative [7,29].

La maggior parte del lavoro svolto dai dipendenti, a tutti i livelli, è di routine e generalmente viene eseguito senza essere stato definito o formalizzato in modo

esplicito. Con il termine "routine" si fa riferimento sia all'esecuzione di mansioni sempre uguali svolte da parte dei lavoratori (ad esempio lavori di assemblaggio, elaborazione di conti da pagare ecc.), sia ad operazioni diverse eseguite sempre allo stesso modo.

A questo proposito, durante la mia esperienza in azienda, ho notato uno scarso interesse nella formalizzazione o standardizzazione dei modus operandi che consentirebbero di facilitare lo sviluppo di routine organizzative. Infatti, in riferimento ai materiali indiretti, non esistono routine o strutture organizzative finalizzate alla gestione dello stock relativo.

6.4. Path dependence

Dal momento che le aziende evolvono, saranno sempre legate al percorso di evoluzione che man mano si lasciano alle spalle. La *Path Dependence,* letteralmente "dipendenza dal percorso", è una concezione seconda la quale piccoli eventi del passato, anche se non più rilevanti, possono avere conseguenze significative in tempi successivi [31]. Essa rappresenta una funzione della storia passata di una determinata azienda. Come conseguenza della *Path Dependence*, le imprese generalmente vanno in contro a cambiamenti graduali e, qualora le condizioni richiedano invece cambiamenti radicali, si trovano a dover affrontare grandi difficoltà.

A tal proposito, il presente elaborato vuole gettare le basi per un percorso di crescita, ottimizzazione e sviluppo delle metodologie di gestione stock dei materiali indiretti, andando a scovare le criticità insite nelle "dipendenze dal percorso" che caratterizzano proprio lo stock dei materiali indiretti.

7. AZIONI E PROPOSTE DI MIGLIORAMENTO

Nel presente capitolo entrerò nel vivo delle problematiche riscontrate, tenendo in considerazione l'importanza degli aspetti sopra trattati, quali: un'organizzazione efficiente, la rilevanza delle routine organizzative e del *Path dependency,* caratteristiche di ogni forma di impresa.
Illustrerò dunque delle soluzioni alle criticità precedentemente esaminate.

Nello specifico, ho deciso di seguire due strade nella definizione delle soluzioni applicabili:

- Soluzioni spot: in un primo momento, durante la permanenza in azienda, ho applicato delle manovre correttive agli attuali metodi di gestione stock dei materiali indiretti. Soluzioni cioè eseguite solo una volta in fase iniziale per la regolarizzazione del flusso di stock;
- Soluzioni di controllo e monitoraggio: in un secondo momento ho proposto dei suggerimenti per mantenere i progressi costanti e orientati verso un'ottimizzazione in termini di stock.

L'applicazione di "soluzioni spot" è risultata di fondamentale importanza in quanto, non essendo mai stata adottata alcuna operazione di ottimizzazione stock dei materiali indiretti, è stato necessario in una prima fase regolarizzare il flusso di stock al fine di poter poi lavorare con dati corretti.
In questo modo è stato possibile seguire i principi della Lean nella riduzione degli sprechi al minimo e nella rimozione di materiali non più utilizzati, permettendo l'applicazione di un'affinatura preliminare che ha potuto stabilizzare il riordino e il flusso dei componenti indiretti.

Ho proposto infine delle soluzioni applicabili al controllo e al monitoraggio, che possano permettere di mantenere la continuità dell'ottimizzazione raggiunta senza la necessità di ulteriori bruschi interventi spot.

7.1. Soluzioni spot

Vengono adesso presentate le attività correttive svolte come soluzioni spot.
Come già precedentemente anticipato, lo stabilimento TBU SKF di Villar Perosa non ha sufficientemente implementato manovre atte alla riduzione di stock dei materiali indiretti. Questo aspetto ha portato ad un accumulo di inefficienza negli anni, con un conseguente incremento in termini economici del volume stock.

7.1.1. Primo step

Gli inventari sono degli strumenti di controllo e gestione di estrema importanza [30], dal momento che permettono di affrontare due questioni rilevanti:

1. evitare intoppi o perdite di informazioni circa pezzi mancanti o non consegnati dai fornitori;
2. ridurre al minimo l'investimento in stock per migliorare la redditività dell'impresa.

Inoltre, eseguire degli inventari periodici consente di:

1. mantenere un compromesso ottimale tra costi di trasporto e quelli di ordinazione, che si traduce nella riduzione al minimo del costo totale di stoccaggio;
2. applicare politiche efficienti di gestione delle scorte.

Nella mia breve esperienza ho potuto notare come, a causa di scarse risorse a disposizione e un'inadeguata organizzazione, venga data poca importanza all'esecuzione di inventari periodici.
In particolare, per la specifica categoria dei materiali oggetto del mio studio, non è mai stato eseguito un inventario completo ed efficiente. Per tale ragione, la prima operazione urgente da svolgere è stata quella di eseguire un inventario di tali materiali. In questo modo è stato possibile avere un quadro completo di tutti i componenti presenti nel magazzino 710 e MAU.
In seguito all'inventario, sono emersi i problemi definiti nel capitolo 6 par. 6.1.1, 6.1.2, 6.1.4, 6.1.7, 6.1.9, 6.1.10.

La realizzazione dell'inventario ha permesso di raggiungere un importante obiettivo: scovare le discrepanze tra sistema contabile e sistema fisico. Proprio grazie a tali risultati è stato possibile applicare delle manovre correttive di allineamento del sistema.
In particolare, sono state effettuate delle aggiunte e regolate delle quantità degli item al sistema laddove necessario.

Tramite questo primo intervento è stato possibile assistere ad una riduzione stock di *2121,53 euro*, equivalente ad una riduzione netta del 0.7%, a fronte di uno stock di partenza dei materiali indiretti di circa 292.000 euro.
Tuttavia, la percentuale di riduzione è falsata per due principali ragioni: sono state necessarie non soltanto delle rimozioni, ma anche delle aggiunte nel sistema di item non contabilizzati ma presenti fisicamente (in riferimento al problema presentato nel cap. 6 par. 6.1.4).

Riassumendo, il primo risultato di riduzione stock è stato possibile grazie a due interventi correttivi:

1. sono stati rottamati degli item non più necessari per lo stabilimento (per lo più mole di rettifica e pietre di lappatura);
2. è stata eseguita una prima manovra di allineamento del sistema contabile con quello fisico.

7.1.2. Secondo step

A distanza di due mesi dal primo inventario, ho deciso di eseguirne un secondo ancora più completo e preciso. Ho infatti richiesto di svolgere un inventario in sede a Villar Perosa, al fine di esaminare i magazzini 710 e MAU, e un secondo inventario ad Airasca per poter analizzare il magazzino MAU con posizione Air.
A inizio luglio 2019 sono stati effettuati entrambi gli inventari e sono emerse enormi discrepanze tra sistema fisico e contabile.
Successivamente a questi inventari, alla luce di quanto è emerso, è stata presa la decisione di rottamare 7 diverse tipologie di mole che non soddisfano più un reale

fabbisogno, per un totale di 111 componenti ed una riduzione stock di *13.332,89 euro*.

7.1.3. Terzo step

Prima della conclusione dello stage, ho effettuato un terzo ed ultimo inventario dei componenti indiretti, il quale ha evidenziato un ennesimo disallineamento tra il sistema contabile e quello fisico.

In particolare, è emersa una discrepanza tra lo stock contabile e quello fisico in termini economici di *3666,47 euro*.

I disallineamenti emersi durante la mia permanenza in azienda sono andati via via riducendosi, partendo da un disallineamento iniziale di circa 27.000 euro (tra aggiunte e allineamenti a sistema) fino ad arrivare, dopo l'ultimo inventario, a 3666.47 euro.

Questo è stato possibile, in primo luogo, grazie alla presenza di una figura che potesse concentrarsi maggiormente sullo stock dei componenti indiretti, adottando manovre correttive dove necessario.

In particolare tale riduzione stock, in aggiunta alle altre due manovre effettuate, ha contribuito ad ottenere una riduzione stock netta del 6,6% nell'arco di 5 mesi.

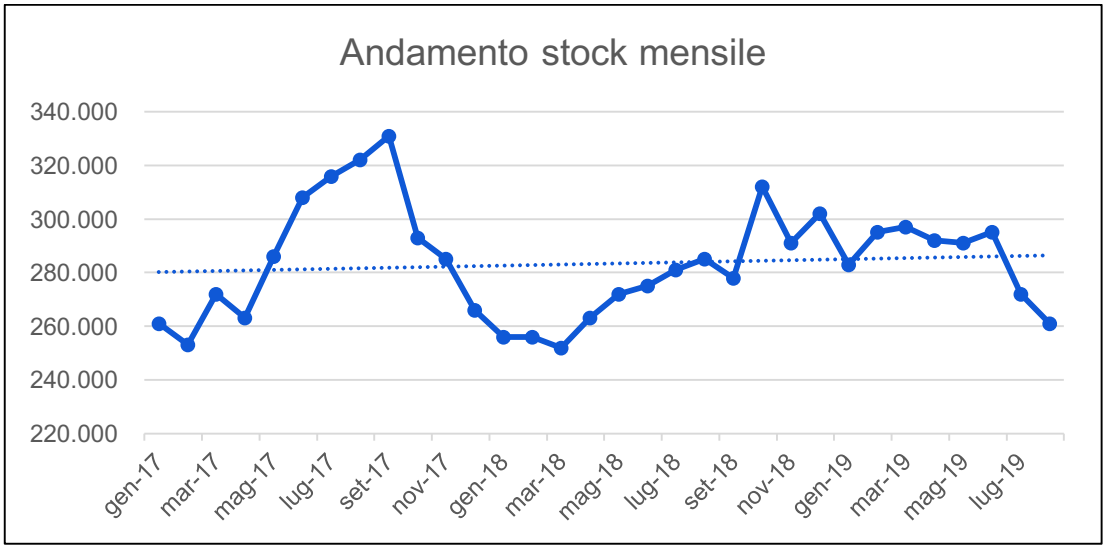


Figura 62. Andamento stock materiali indiretti mensile

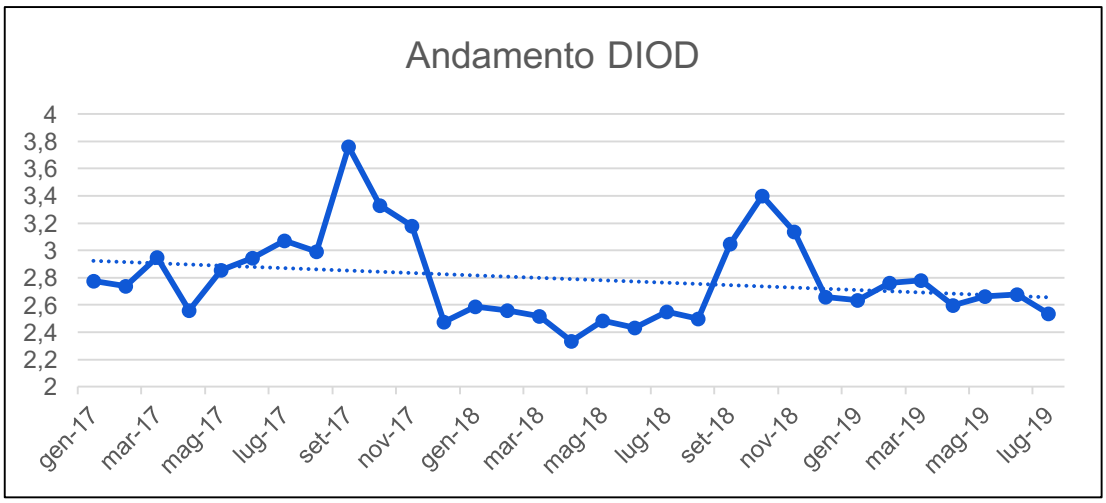


Figura 63. Andamento stock materiali indiretti in funzione del DIOD

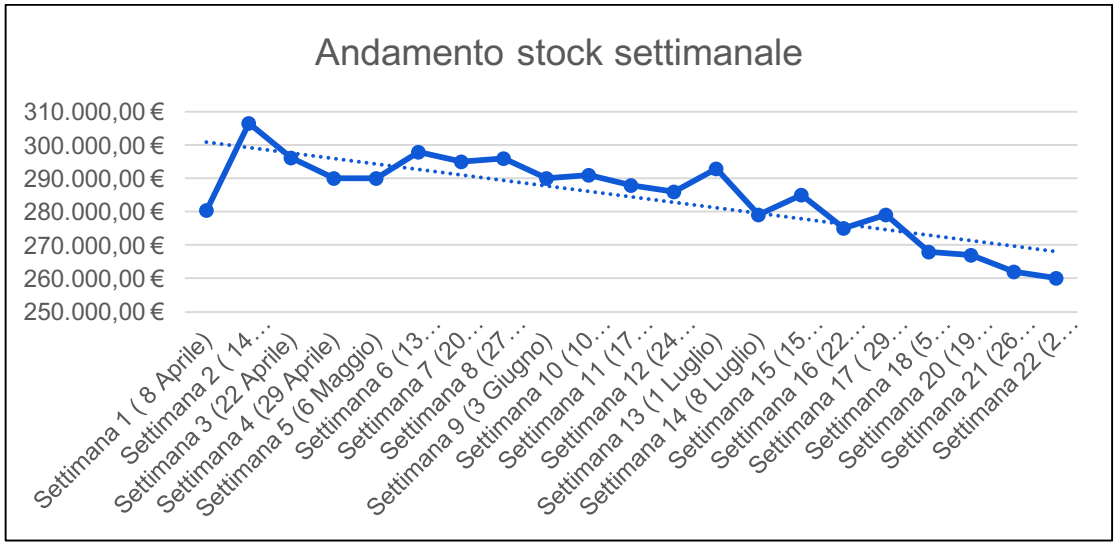


Figura 64. Andamento stock materiali indiretti settimanale

Per la rappresentazione della figura 64 sono stati presi in considerazione i dati raccolti dall'8 aprile (data in cui ho iniziato il mio stage) fino a fine agosto; per la rappresentazione, invece della figura 62 e 63, è stato preso in considerazione uno storico di dati a partire da gennaio 2017 fino ad arrivare a settembre 2019.
La linea tratteggiata presente nei tre grafici rappresenta la "linea di tendenza" che definisce il trend dei valori nel grafico.
Come è possibile notare dalle precedenti figure, l'aumento di stock riscontrabile nel grafico 3, tra la settimana 1 e la settimana 2, è dovuto ad un lieve incremento delle *delivery* (si veda figura 63 l'incremento da aprile a maggio 2019).
Dopo la settimana 2, dalla figura 64 è facile osservare la presenza di un trend decrescente, tale da portare lo stock da 292.000 euro di aprile, a 261.000 euro a fine agosto.

Come già espresso in precedenza, il parametro DIOD consente di esaminare l'andamento dello stock in funzione delle delivery dell'azienda negli ultimi 3 mesi. Tale parametro permette dunque di restituire dati più realistici.
Infatti, è possibile risalire a questa significativa differenza dalle figure 62 e 63. La figura 62 esprime il normale andamento dello stock, la figura 63, invece, restituisce

l'andamento dello stock in funzione delle delivery, seguendo la struttura del DIOD espressa nel cap. 5 par. 5.1.

I risultati rimarcati nei paragrafi precedenti sono stati resi possibili da interventi spot; a questi interventi, sono stati affiancati continui processi di osservazione costante che hanno portato ad ulteriori riduzioni sostanziali, rese possibili dalle ottimizzazioni delle fasi di alimentazione e riordino. Tali riduzioni hanno portato lo stock finale nel mese di agosto a 261.000 euro.

Pertanto, la percentuale di riduzione stock effettiva in questi 5 mesi è stata del 10.6%. Infatti, l'Others stock di partenza era di 292.000 euro, mentre alla fine di agosto lo stock è sceso a 261.000 euro.

7.2. Soluzioni di monitoraggio e controllo

Una volta regolarizzato e ottimizzato il flusso di stock, chiarito il valore economico e le quantità degli item presenti a stock, è possibile presentare delle soluzioni in grado di risolvere i problemi esplicitati nel sesto capitolo.
Infatti, nel precedente capitolo sono stati affrontati diversi problemi riscontrati che influenzano principalmente la gestione del magazzino.

Di seguito sono proposte ulteriori soluzioni finalizzate a fornire una prima risposta ai problemi riscontrati durante la mia permanenza in azienda.

7.2.1. Importanza di una figura di magazziniere fissa

Al giorno d'oggi, qualsiasi settore aziendale è soggetto a svariate forme di stress derivanti dal continuo bisogno di dover raggiungere livelli di innovazione sempre più elevati al fine di raggiungere risultati di estrema efficienza.

A questo proposito, lo stabilimento TBU SKF è caratterizzato da una non efficiente gestione del magazzino dei componenti indiretti.

Come accennato in precedenza, la gestione del suddetto magazzino è affidata ad una persona che ha tale ruolo come mansione secondaria. Tutto ciò indubbiamente comporta un superficiale controllo dell'area in questione.
La soluzione ideale per ovviare a tale inconveniente risiede nell'avere una figura professionale di magazziniere che possa gestire e coordinare tutto ciò che risulta di competenza di quella specifica area aziendale.
In particolare, è stata riscontrata una rilevante perdita di informazioni tra i tre turni su cui giornalmente lo stabilimento lavora. Proprio per tali ragioni sarebbe necessario acquisire tre differenti risorse con ruolo di magazziniere, affinché tali figure possano coprire tutti e tre i turni operativi.

La soluzione proposta ha sicuramente dei costi, ma anche notevoli benefici.
Partendo dai benefici, la presenza di un magazziniere, oltre a ridurre la perdita di informazioni, permetterebbe di:

- aumentare il controllo dei prelievi dal magazzino. Problema che causa, com'è possibile notare dai risultati emersi in seguito agli inventari effettuati, continui disallineamenti tra sistema contabile e sistema fisico;
- tenere il magazzino ordinato;
- suddividere maggiormente le responsabilità: infatti con la presenza del magazziniere si avrebbe una figura di riferimento per qualsivoglia anomalia dovesse verificarsi;
- assegnare maggiore autorità alla figura selezionata;
- estendere le competenze organizzative dell'impresa, cioè le capacità dell'impresa stessa di destinare risorse per raggiungere un obiettivo finale desiderato;
- favorire l'installazione di routine organizzative che possano ridurre l'incertezza e la varianza di comportamento.

In particolare, facendo riferimento ai problemi esplicitati nel cap. 6 par 6.1, la soluzione proposta, renderebbe possibile ridurre i seguenti problemi:

- controllo del magazzino;
- disallineamento tra sistema contabile e sistema fisico;

- scarsa frequenza degli inventari;
- confusione tra magazzini contabili;
- spazio fisico occupato da item obsoleti o non contabilizzati.

In aggiunta a quanto appena esposto, è possibile definire una soluzione addizionale: a mio avviso è necessario integrare nel sistema di gestione del magazzino un macchinario che consenta di registrare le entrate e le uscite dei componenti dal magazzino stesso. Tale macchinario potrebbe essere, ad esempio, un lettore di codici a barre. Questa soluzione complementare permetterebbe una riduzione dei tempi di registrazione contabile delle movimentazioni di magazzino oltre che una panoramica sempre aggiornata del magazzino. Infatti, il magazziniere potrebbe decidere di effettuare le movimentazioni solo una volta al giorno, per via delle lunghe procedure necessarie, con questo macchinario in grado di ottimizzare i tempi di registrazione, invece, sarebbe incentivato a tenere la panoramica di magazzino sempre aggiornata.

Per quanto concerne i costi che le soluzioni proposte genererebbero, possono essere calcolati tenendo conto della retribuzione necessaria all'assunzione delle figure di magazzinieri e dell'implementazione del macchinario.
Alla luce delle considerazioni fatte, i benefici che tale soluzione porterebbe sono tali da giustificane i costi di investimento necessari.

Figura 65. Proposta grafica dell'introduzione di un magazziniere fisso

7.2.2. Chiusura magazzino

Attualmente, il magazzino in cui vengono stoccati i materiali indiretti nello stabilimento di SKF TBU, è accessibile a tutti i lavoratori.

L'accessibilità del magazzino a tutti i lavoratori, permette a chiunque di prelevare materiale senza segnalarlo.

Gli addetti alla produzione possono, pertanto, prendere i componenti senza segnalarlo nel sistema e, di conseguenza, senza comunicarlo agli addetti Supply Chain. In questo modo causano disallineamenti significativi tra quantità contabili e quantità fisiche, oltre che problemi di disordine stesso nel magazzino in quanto, nei momenti di necessità, sono prelevati i componenti senza curare l'ordine e le posizioni di quest'ultimi

La soluzione proposta per questo specifico problema è quella di limitare l'accesso al magazzino tramite una struttura semi-chiusa che possa permettere di accedere soltanto al magazziniere o agli addetti di competenza.

Attualmente la geometria del magazzino in cui sono stoccati i componenti indiretti permette l'inserimento di due chiusure laterali in grado di isolare il magazzino dal resto della struttura.

I benefici derivanti da questo investimento sono:

- maggiore controllo e gestione del magazzino;
- possibilità di sfruttare tale magazzino anche per materiali diversi dai materiali indiretti;
- maggiore ordine all'interno del magazzino;
- minore perdita di informazioni;
- migliore gestione dei riordini da parte degli addetti Supply Chain;
- assegnazione di una maggiore responsabilità al magazziniere, avvalorando il suo ruolo all'interno dell'industria.

Per quanto concerne i costi di tale investimento, questi sarebbero ridotti dal momento che la struttura già esiste e si tratterebbe soltanto di chiudere due zone tramite semplici strutture.

Infine, per il raggiungimento dei risultati di efficienza sopra espressi, è indispensabile tenere conto che tale soluzione è strettamente dipendente dall'inserimento di una figura di magazziniere (soluzione proposta nel cap.7 par. 7.2.1), in quanto senza una tale figura di magazziniere, l'accesso rimane comunque autorizzato a tutti i lavoratori.

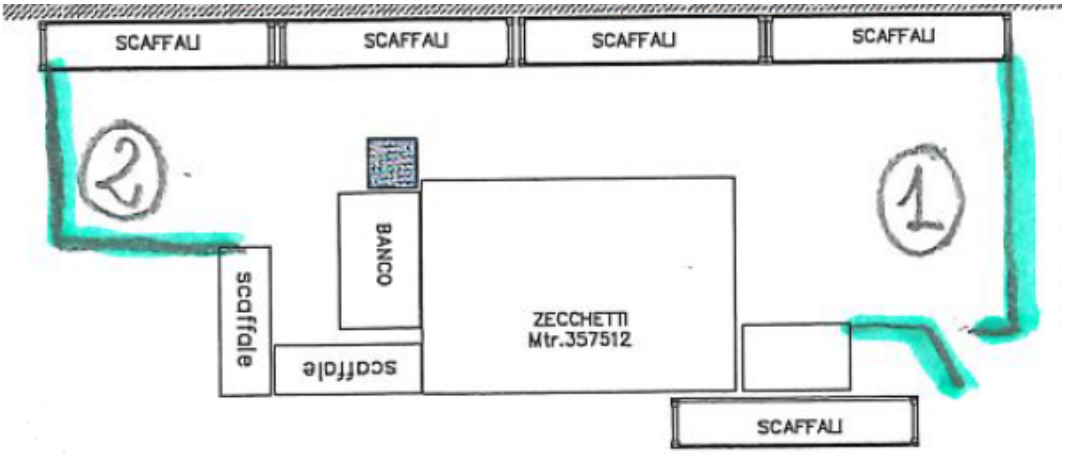


Figura 66. Soluzione proposta per la chiusura del magazzino dei materiali indiretti

7.2.3. Maggiore focus sull'ottimizzazione stock

Ad oggi capita spesso che molte aziende non prendano in considerazione l'importanza di un livello di scorte equilibrato, sia in termini di effetto sulla liquidità dell'azienda che sull'efficienza.

Come già ampiamente sottolineato nei precedenti paragrafi, prima del mio arrivo in azienda, non era mai stata posta l'attenzione sui componenti indiretti in quanto di rilevanza inferiore rispetto al resto.

A sostegno di questa evidente carenza, ritengo necessaria una manovra che possa incentivare all'osservazione della suddetta categoria di componenti.

Tale manovra potrebbe essere quella di inserire una risorsa che possa osservare dall'alto tutti i componenti a stock per elaborare continue operazioni di riduzione stock, oltre che effettuare monitoraggi continui.

Inoltre, il mio suggerimento al fine di sfruttare al massimo una tale figura professionale, è quello di affidarle anche il controllo dei componenti diretti e del prodotto finito. L'inserimento della risorsa, porterebbe a innumerevoli benefici e un solo costo, legato all'assunzione della figura in questione.

La figura professionale si occuperebbe quindi di:

- ottimizzazione dei parametri del sistema, tra cui il *safety stock,* attualmente è calcolato ad occhio in base all'esperienza;

- garantire una corretta gestione dei riordini dei materiali oltre che una continuità del processo produttivo-logistico;
- tenere allineati i sistemi di gestione stock di Airasca (WASS) con quello di Villar Perosa (MCSS). Questo darebbe un sostanziale supporto per le fasi di alimentazione che avvengono giornalmente in quanto, tali operazioni giornaliere, si fondano sulle quantità registrate a stock nel sistema MCSS. Poiché a volte il sistema MCSS è disallineato dal sistema WASS, che garantisce invece una più precisa contabilizzazione dei componenti stoccati ad Airasca, l'addetto all'alimentazione si trova costretto a dover compiere un doppio controllo sia in MCSS che in WASS, prima di effettuare un'alimentazione ad Airasca per evitare di richiedere componenti non presenti. Un corretto allineamento tra MCSS e WASS, permetterebbe, dunque, un'ottimizzazione delle tempistiche di alimentazione.

7.2.4. Cicli di lavorazione standard e specializzazione orizzontale

La soluzione proposta precedentemente esposta potrebbe essere sostenuta da un ciclo continuo che possa standardizzare le fasi di monitoraggio e controllo dello stock.

Le fasi di tale ciclo sono quindi:

1. monitoraggio stock tramite i sistemi gestionali interni e inventari periodici frequenti;
2. individuazione delle problematiche qualora se ne presentassero;
3. analisi più dettagliata delle criticità tramite analisi nel particolare dei componenti critici individuati;
4. scelta delle azioni correttive da intraprendere.

Si tratta di un ciclo continuo senza interruzioni in grado di garantire una stabilità in termini di efficienza.

La necessità di avere dei cicli da seguire è dovuta al fatto che la standardizzazione delle attività permette di raggiungere notevoli risultati, oltre che economie di apprendimento con conseguente riduzione rilevante dei costi.

In particolare, i processi di lavoro sono la parte più standardizzabile. La standardizzazione favorisce, inoltre, la specializzazione orizzontale che permette di ridurre il numero di task compiuti da un singolo operatore e, al tempo stesso, aumentare la sua autonomia e qualificazione nello svolgimento delle attività stesse. Come ogni cosa, anche i processi di standardizzazione sono caratterizzati da aspetti negativi. Infatti, quando si adottano operazioni di standardizzazione dei processi, si va incontro al cosiddetto fenomeno di "*alienation threshold*" (fenomeno di alienazione della persona dal lavoro).

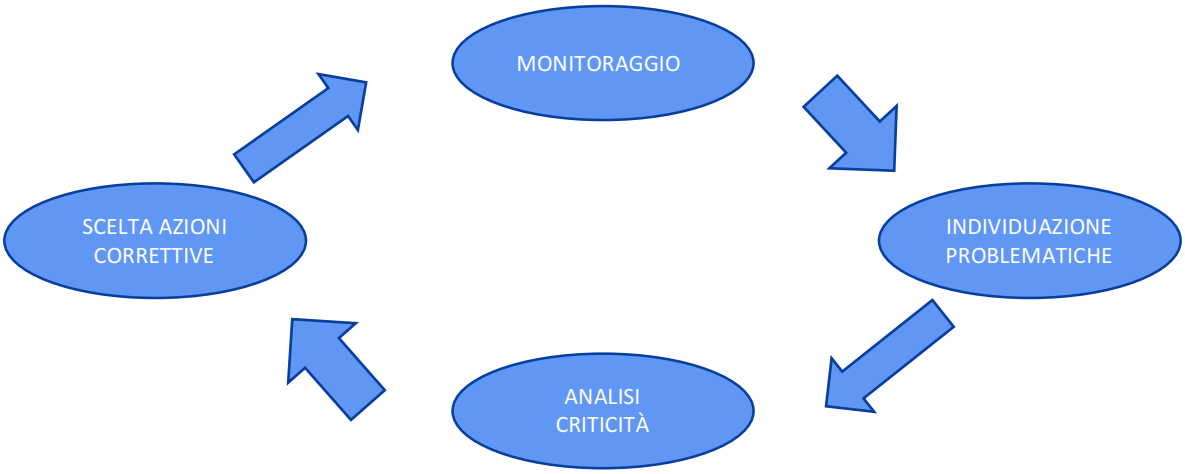


Figura 67. Processo proposto di monitoraggio stock

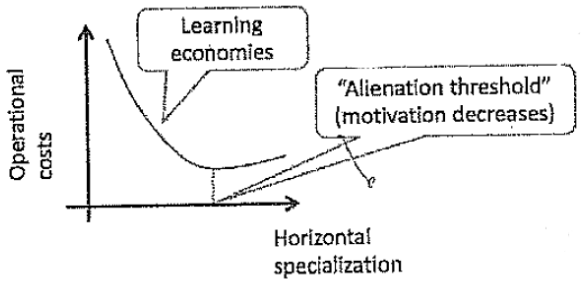


Figura 68. Alienation threshold [a. Grant, R. Contemporary Strategic analysis]

Come è possibile osservare dalla figura 68, le operazioni di specializzazione orizzontale portano benefici sino ad un certo punto, definito "punto di

alienazione"; dopo questa soglia, i costi tendono ad aumentare e la produttività a diminuire. Per tali ragioni è importante trovare il giusto *trade-off*.

7.2.5. Necessità di una maggiore comunicazione

Il disagio principale causato da una scarsa comunicazione circa le quantità a stock o eventuali problemi legati sempre allo stock, riguarda l'approvvigionamento dei componenti. Infatti, come detto nei capitoli precedenti, gli addetti all'approvvigionamento dei componenti basano le loro previsioni sulle quantità dei componenti presenti a stock.

Tale problematica, secondo la mia visione, ha una soluzione efficace da poter sfruttare. Infatti, lo stabilimento TBU di SKF Villar Perosa ha un sistema di comunicazione piuttosto efficace, sia per quanto riguarda comunicazioni *top-down* (dall'alto verso il basso) che comunicazioni *buttom-up* (dal basso verso l'alto). Oltre alle comunicazioni che avvengono tramite sistemi gestionali o e-mail, SKF ha definito dei momenti durante la giornata per svolgere dei meeting e aggiornarsi sull'operatività dello stabilimento.

In particolare, i meeting sono i seguenti:

1. meeting di terzo livello: ore 9.00;
2. meeting di secondo livello: ore 10.00.

I meeting di terzo livello sono meeting tra il manager di produzione, gli addetti Supply Chain e i capisquadra; quelli di secondo livello, invece, sono organizzati tra i manager aziendali e il factory manager dello stabilimento TBU.

Questi meeting sono molto importanti perché permettono di discutere di eventuali problematiche avvenute nel corso della giornata precedente.

La mia proposta è quella di sfruttare il meeting di terzo livello per aggiornarsi sulle manovre di ottimizzazione stock, manovre che influenzano sia la produzione, sia la logistica, sia l'officina. In particolare, facendo riferimento alla soluzione proposta in questo capitolo al par. 7.2.1, è possibile sfruttare il magazziniere come portatore di informazioni circa lo stock.

Tale soluzione proposta porterebbe ad un costo nullo e benefici massimi. In aggiunta, durante la riunione sarà necessaria sia la presenza del magazziniere che della figura proposta nel paragrafo precedente circa l'ottimizzazione stock.

7.2.6. Importanza di una corretta tracciabilità del consumo dei materiali indiretti

Per tracciabilità del consumo, si intende la possibilità di avere informazioni quanto più precise possibili circa la situazione aggiornata a stock di un determinato componente.

Attualmente non vi sono parametri in grado di restituire tali informazioni per quanto riguarda i componenti indiretti. Ciò deriva dal fatto che tali componenti non hanno una durata stabilita e costante, ma questa dipende dal modo in cui vengono utilizzati.

In realtà, è difficile individuare una soluzione ben definita a tale problematica per via delle molteplici variabili in gioco.

La maggiore rilevanza in termini economici dei materiali indiretti riguarda le mole di rettifica e le pietre di lappatura. Tali componenti, non sono presenti nella *Bill Of Materials* (anche chiamata distinta base) che lo stabilimento genera.

Per avere una corretta tracciabilità dei materiali ed una precisa panoramica della loro situazione a stock, è possibile generare una BOM anche dei materiali di consumo, come può essere il particolare caso dei componenti indiretti.

Tale soluzione consentirebbe di associare i componenti indiretti utilizzati con le *final* (TBU finite) per cui serviranno.

Una volta disponibili tali indicazioni, sarà più facile determinare una media del tempo di utilizzo per ogni singolo *over head* in funzione delle *final* di riferimento.

La media del tempo di utilizzo, in funzione della final in lavorazione, è di estrema importanza nella valutazione delle quantità da riordinare.

L'ottimizzazione delle quantità da riordinare sarà direttamente proporzionale alla frequenza di aggiornamento della BOM degli indiretti. Questo perché maggiore è la frequenza di aggiornamento della matrice BOM, più precise saranno le medie

di riferimento dei componenti indiretti e, ancora, più esatti saranno gli ordini relativi.

La soluzione proposta darebbe un enorme sostegno alle figure professionali sopra definite e sarebbe uno valido strumento di supporto agli inventari periodici.

7.2.7. Ordine magazzini contabili

Nel sesto capitolo, par. 6.1.7, ho spiegato quali sono i problemi generati da una confusione dei magazzini contabili.
La soluzione proposta per ovviare a questi inconvenienti, è quella di investire del tempo per organizzare correttamente tutti i componenti nei giusti magazzini contabili e successivamente allineare i magazzini contabili con quelli fisici.
Sarà necessario, infatti, riuscire anche ad allineare i magazzini contabili con le reali disposizioni fisiche dei componenti a stock.
Gli allineamenti utili potrebbero essere eseguiti dalla stessa figura che si occupa di ottimizzazione stock in collaborazione con il magazziniere. Tale organizzazione permetterebbe di avere dei costi pari a zero e, anche in questo caso, benefici a supporto delle problematiche espresse in precedenza. Per far sì che tutto questo possa funzionare, è necessario assegnare ad ogni tipologia di prodotto, un magazzino unico. Ogni componente avrà quindi una sua disposizione fisica, posizione che dovrà rimanere fissa e segnalata da riferimenti cartacei nel magazzino che alludono alla tipologia del componente stesso. Tramite questo intervento correttivo, chiunque desideri cercare qualche componente, anche in assenza del magazziniere potrà scoprire la posizione dell'item di interesse.

7.2.8. Rimozione componenti obsoleti

Come espresso nel capitolo precedente, dagli inventari eseguiti a Villar Perosa, sono emersi dei componenti a stock obsoleti, che non soddisfano più un reale fabbisogno.

Questa tipologia di item incrementa lo stock senza generare valore per il prodotto finito. Si tratta, quindi, di componenti con un altissimo costo di stoccaggio ma un bassissimo valore per il prodotto finito.
Proprio nel rispetto della filosofia della Lean Manufacturing, è consigliabile rimuovere tali componenti privi di valore.
Non basta una semplice rimozione, poiché i processi che portano i componenti a diventare obsoleti sono continui.
A fronte di quanto appena esposto, la soluzione a tale criticità è, anche questa volta, la necessità di un maggiore focus sullo stock e una continuità degli inventari.
La problematica descritta è riferibile anche ad altre tipologie di componenti a stock e non soltanto ai componenti indiretti; pertanto, estendibile sia ai componenti diretti che al prodotto finito.
Questo suggerimento potrebbe, quindi, incentivare ad un maggiore controllo di tutte le tipologie di prodotti/componenti a stock.

7.2.9. Assegnazione codici per tutti i componenti

In relazione al problema esplicitato nel cap. 6 par. 6.1.10 è necessario un intervento mirato alla ridefinizione dei codici dei componenti.
Dopo un'attenta analisi delle molteplici metodologie di classificazione dei prodotti a magazzino, ho individuato delle specifiche tecniche utilizzate nella formulazione dei codici identificativi dei componenti:

- soluzione con codice parlante;
- soluzione con codice progressivo;
- soluzione con doppio codice;
- generatore di codici.

La soluzione con codice parlante, com'è intuibile dal nome stesso, permette di generare codici alfanumerici con all'interno termini intuitivi che identificano il prodotto in questione.

Il codice progressivo, invece, è definito dal susseguirsi di numeri crescenti nell'assegnazione dei codici al componente. Tale procedura non contiene alcuna allusione intuitiva al prodotto di riferimento.
Nella soluzione con codice doppio, il primo codice è un progressivo automatico e viene inserito un secondo codice intuitivo collegato al primo.
Infine, è possibile dotare i sistemi gestionali di generatore di codici automatici e univoci.
Attualmente il sistema SKF sfrutta dei sistemi di generazione dei codici automatici con dei vincoli riguardo il numero di caratteri dal quale deve essere caratterizzato. Nonostante il generatore di codici possa essere la soluzione più immediata e semplice da applicare, ha un grosso difetto: i codici elaborati non hanno alcun riferimento al materiale in questione, determinando in questo modo problemi di identificazione del componente stesso.

Nel caso specifico dei componenti di cui mi sono occupato, risulta più appropriato trovare una giusta via di mezzo tra la soluzione con codice parlante e la soluzione con codice progressivo. Tale soluzione "ibrida" permetterebbe di classificare i componenti in famiglie e renderebbe i processi di stoccaggio più snelli ed intuitivi. Inoltre, insieme alla soluzione proposta in precedenza, ovvero quella di definire posizioni fisse per ogni famiglia di componenti indiretti, la tecnica ibrida elaborata permetterebbe a chiunque di poter accedere al magazzino e trovare i componenti desiderati senza troppe difficoltà.

In conclusione, sebbene possa sembrare una problematica meno rilevante rispetto alle precedenti prese in considerazione, la generazione dei codici ha portato a innumerevoli errori di prelievo dei componenti a stock e grossi errori di contabilizzazione con conseguente disallineamento dei sistemi contabili e fisici.
Un esempio rilevante è avvenuto in riferimento a due tipologie di mole con item simili. Durante un inventario è risultato che per una delle due tipologie in esame non vi erano componenti a stock, nonostante il sistema restituisse 4000 pz in magazzino.

Le cause di questa problematiche sono state principalmente due:

1. mancanza di inventari periodici e di un maggiore focus su questi componenti indiretti;
2. errore di gestione dovuti ad item molto simili tra loro per quanto riguarda i codici identificativi.

L'errore di contabilizzazione ha portato, dunque, a tempestive manovre correttive che non sempre possono essere applicate.

7.2.10. Sintesi delle soluzioni proposte

Attraverso un grafico qualitativo è possibile avere un'idea dei potenziali benefici generati dalle soluzioni proposte.

In particolare, il seguente grafico, evidenzia il rapporto tra la difficoltà di implementazione della soluzione in questione e la relativa efficacia. Infatti, sull'asse delle ascisse è presente l'efficacia della soluzione proposta; sull'asse delle ordinate, invece, la difficoltà di implementazione della relativa soluzione.

La difficoltà di implementazione fa riferimento alla rilevanza dell'impegno necessaria in termini di investimento essenziale, di tempo e di compatibilità con le attuali strutture aziendali che circondano i processi di gestione stock dei materiali indiretti.

L'efficacia della soluzione proposta, invece, considera lo snellimento delle procedure di gestione dello stock e il livello di allineamento, la riduzione stock dei materiali indiretti e la sincronizzazione dei magazzini che le soluzioni generano.

In particolare, per entrambe le variabili qualitative, sono stati identificati tre indicatori di livello: bassa, media e alta (tabella 3).

Tabella 3. Attributi variabili rappresentate graficamente (grafico in fig. 69)

	BASSA	**MEDIA**	**ALTA**
DIFFICOLTÀ DI IMPLEMENTAZIONE	• Costi di attuazione irrisori. • Tempi di implementazione brevi (dell'ordine di pochi giorni). • Minimi livelli di specializzazione.	• Contenuti costi per la messa in atto. • Tempi di attuazione piuttosto brevi (dell'ordine di poche settimane). • Lievi incrementi dei livelli di specializzazione.	• Costi di attuazione rilevanti. • Tempi di attuazione relativamente brevi (dell'ordine di qualche settimana/mese). • Necessari investimenti in formazione di figure specializzate.
EFFICACIA	• Sufficiente livello di snellimento delle procedure di gestione stock. • Non significativa riduzione stock dei materiali indiretti. • Mediocre influenza sulla sincronizzazione ed allineamento dei magazzini (contabile e fisico).	• Sufficiente livello delle procedure di gestione stock. • Apprezzabile riduzione stock dei materiali indiretti. • Soddisfacente sincronizzazione e allineamento dei magazzini (contabile e fisico).	• Significativo snellimento delle procedure di gestione stock. • Notevole riduzione dei materiali indiretti a stock. • Raggiungimento ottimale di livelli di sincronizzazione e allineamento dei magazzini (contabile e fisico).

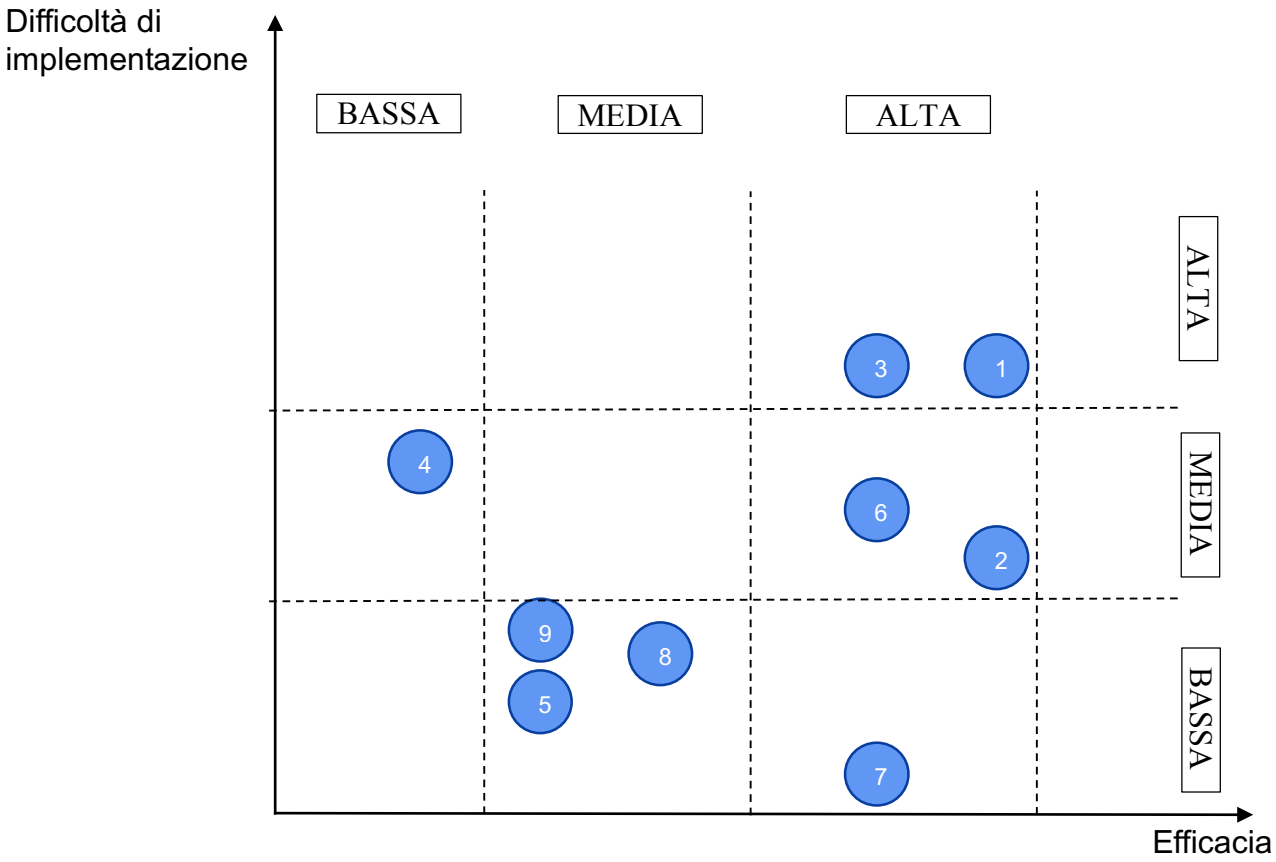


Figura 69. Relazione tra difficoltà di implementazione e efficacia delle soluzioni proposte

Legenda:

1 ------> Importanza di una figura di magazziniere fissa

2 ------> Chiusura magazzino

3 ------> Maggiore focus sull'ottimizzazione stock

4 ------> Cicli di lavorazione standard e specializzazione orizzontale

5 ------> Necessità di una maggiore comunicazione

6 ------> Importanza di una corretta tracciabilità del consumo dei materiali indiretti

7 ------> Ordine magazzini contabili

8 ------> Rimozione componenti obsoleti

9 ------> Assegnazione codici per tutti i componenti

Il grafico rappresentato in figura 69 è frutto di una stima approssimativa e permette di avere un'idea chiara di quali soluzioni poter implementare per prime.

CONCLUSIONI

Partendo dalla considerazione che l'efficienza di un sistema produttivo non può prescindere dalla qualità dei processi che in esso si sviluppano, sempre con più attenzione alla sicurezza, alla qualità e affidabilità del prodotto, è importante riflettere sul rilevante cambiamento di visione del prodotto: non più inteso come strumento o componente di una macchina, ma come fenomeno globale in cui si palesano non soltanto i materiali che entrano fisicamente nel prodotto finito, ma anche tutto l'entourage di materiali, uomini e buone prassi che ruotano intorno al processo di fabbricazione.

Il presente studio ha cercato di fornire una risposta concreta alla seguente domanda: "Com'è possibile integrare alle attuali routine aziendali un metodo per la gestione dello stock dei materiali indiretti? Inoltre, quali sono i punti più critici nella gestione di questi componenti? Che soluzioni è possibile proporre nell'immediato e a medio termine?".

A tale scopo è stata portata avanti un'indagine preliminare consistente in un lungo monitoraggio dei componenti in questione attraverso l'utilizzo di report e inventari, impiegati per allineare il sistema contabile con quello fisico.

I risultati emersi da queste fasi preliminari hanno messo in luce la necessità di una maggiore attenzione a quei piccoli processi aziendali che spesso molte imprese, ancora oggi, trascurano per la minore rilevanza economica.

Facendo ricorso a soluzioni spot adottate durante i sei mesi di stage, è stato possibile generare un flusso organico e lineare dei componenti indiretti snellendo la lista di tali componenti a stock. Tale snellimento ha portato ad una riduzione netta effettiva di 31.000 euro, equivalente ad una riduzione percentuale del 10,6%.

L'ultimo risultato raggiunto è stato ottenuto proponendo delle soluzioni di monitoraggio e controllo in grado di rendere armonioso il flusso dei materiali indiretti, raggiunto nell'ottica di un processo di miglioramento continuo.

Questo risultato è coerente con le richieste avanzate dalla sede centrale SKF, poiché mette in luce diverse strategie aziendali mirate al controllo dei costi derivanti da immobilizzazioni di materiali che, fino ad oggi, non erano stati oggetto di interesse delle politiche della Lean ma che, a lungo andare, avrebbero portato lo stabilimento a divergere dai valori benchmark di efficienza e produttività propri della casa madre.

Sviluppi futuri

Si è cercato di rendere il progetto più modulare possibile, al fine di facilitarne un successivo sviluppo e ampliamento.

È importante sottolineare che si è ancora all'inizio del processo di ottimizzazione. Quest'ultimo è molto lungo e impegnativo da realizzare ma, grazie agli interventi spot evidenziati nel capitolo 7 par. 7.1 e alle soluzioni a lungo termine proposte successivamente, si è riusciti a gettare delle solide basi in grado di sostenere il processo nell'ottica di un miglioramento continuo.

Attualmente è stato realizzato un foglio di calcolo per tenere traccia dei componenti indiretti presenti a stock. Tale documento contiene i codici, le quantità e le rilevanze economiche di tali componenti, consentendo di tenere aggiornate le quantità di componenti stoccate oltre a facilitare le fasi di stoccaggio e riordino dei componenti in questione. Inoltre, esso garantisce che il processo analizzato continui a funzionare correttamente facilitando interventi dove necessario.

Il presente lavoro ha permesso di mettere in risalto la necessità di avviare nuovi progetti che possano considerare l'ottimizzazione di tutte quelle aree che non sono mai state oggetto di miglioramenti in termini di efficienza.

In conclusione, alla luce di quanto esposto, un possibile sviluppo del progetto potrebbe essere quello di implementare un sistema di gestione delle scorte automatizzato che possa integrarsi alle attuali metodologie di gestione. In particolare, potrebbe essere utile sviluppare un magazzino automatico per la gestione di questi componenti ausiliari. Tale magazzino, infatti, favorirebbe l'implementazione di routine e standardizzazione delle metodologie di gestione.

BIBLIOGRAFIA

[1] Amadio, A. (2006). *Supply chain excellence. La supply chain management, il networking strategico, l'outsourcing integrato, il miglioramento continuo, il controllo delle performance.* Milano: FrancoAngeli.

[2] Amodeo, D. (1987). *Le gestioni industriali produttrici di beni*. Torino: UTET Università.

[3] Calcagno, G., La Torre, C., Ansaldi, E. & Re Fiorentin, S. "*Corso teorico sui controlli non distruttivi con ultrasuoni*", Centro ricerche Fiat- s.p.a.

[4] Calgaris, L., Fava, S. & Tomasello, C. (2010). *Dal progetto al prodotto.* Bologna: ART servizi Editoriali.

[5] Fortunato A., Ascari A. & Liverani E. (2016). *Tecnologia Meccanica. Introduzione alle lavorazioni per asportazione di truciolo*. Bologna: Società editrice Esculapio.

[6] Fritz kloke – Manufacturing Processes 2 -Grinding-Honing-Lapping (2009, Springer Berlin)

[7] Knott, A. M., & McKelvey, B. (1999). Nirvana efficiency: a comparative test of residual claims and routines. *Journal of Economic Behavior & Organization*, *38*(4), 365-383.

[8] Montrone, A. (2005). *Il sistema delle analisi di bilancio per la valutazione dell'impresa*. Milano: Franco Angeli.

[9] Orio, R. (1979). *Logistica industriale*. Roma: Buffetti.

[10] Pidatella, C., Ferrari Aggradi, G. & Pidatella, D. (2017). *Corso di meccanica, macchine ed energia*. Bologna: Zanichelli.

[11] Railway technical handbook SKF

[12] Risolo, V. & Bassi, B. (2019). *Disegno, progettazione e organizzazione industriale.* Milano: Hoepli.

[13] Santochi, M. & Giusti, F. (2000). *Tecnologia meccanica e studi di fabbricazione*. Milano: CEA.

[14] Scicutella, M. (1983). *La logistica di marketing: criteri organizzativi e gestionali*. Bari: Cacucci.

[15] Widner, Wolfe. (1997). "*Analisys of Tapered Roller Bearing Damage*", American Society for Metals, Report C - 7 11.1.

[16] Womack, J. P., Jones, D. T. & Ross, D. (1990). *The Machine that changed the world*. New York: Simon & Schuster.

SITOGRAFIA

[17] www.skf.com

[18] www.sicurauto.it/ricambi-e-accessori/tecnica-e-manutenzione/che-cosa-sono-le-bronzine/

[19] https://www.skf.com/it/our-company/skf-italia/chi-siamo-e-cosa-facciamo/cenni-storici-sulla-skf-in-italia/index.html

[20] www.skf.com/it/our-company/skf-italia/le-nostre-sedi/i-siti-produttivi/villarperosa-skf-industrie.html

[21] www.skf.com/it/our-company/skf-italia/le-nostre-sedi/i-siti-produttivi/airasca-skf-industrie.html

[22] http://evolution.skf.com/it/gabbia-universale-in-polimero-per-le-ferrovie/

[23] https:// www.nsk.com/junction.html

[24] http://amsdottorato.unibo.it/8335/1/Tesi%20Dottorato_Giacomo%20Guerrini.pdf

[25] http://host.uniroma3.it/facolta/economia/db/materiali/insegnamenti/663_6938.pdf

[26] www.organizzazioneaziendale.net/i-cinque-principi-della-lean-production/2157

[27] https://perlapp.files.wordpress.com/2013/10/gestione-delle-scorte1.pdf)

[28] www.mecalux.it/manuale-logistica-magazzino/picking

[29] https://www.docsity.com/it/routine-organizzative-nelle-imprese-come-fonte-di-vantaggio-competitivo/840991/

[30] https://www.rgis.it/prospettive-del-settore/perche-linventario-e-importante
[31] http://www.treccani.it/enciclopedia/path-dependence_%28Dizionario-di-Economia-e-Finanza%29/
[32] http://store.uni.com/catalogo/index.php/UNI-EN-ISO-9717-2017

MANUALI TECNICI SKF

- Gruppo SKF, “Manuale Tecnico”, quaderni di formazione, 1995.
- Gruppo SKF, “Elementi di meccanica delle trasmissioni, calcolo degli sforzi sul supporto”, quaderni di formazione, 1995.
- Gruppo SKF, “I cuscinetti volventi”, quaderni di formazione, Aprile 2008.