

APPLICAZIONE DI TECNICHE S.M.E.D. A MACCHINE PER LAVORAZIONI DI RETTIFICA CILINDRICA : IL CASO LAFERT SPA

SOMMARIO

Il lavoro descritto in questa tesi rappresenta l'applicazione delle più comuni tecniche S.M.E.D. per la riduzione dei tempi di setup in un contesto produttivo ad alta varietà e piccoli lotti. Nello specifico l'analisi si è concentrata sul collo di bottiglia della linea, la fase di rettifica. Definito l'ambito di intervento, l'analisi delle sequenze di setup è stata condotta tramite la realizzazione di alcuni *data sheet* contenenti le singole operazioni. Ogni operazione è stata tempificata mediante l'utilizzo di un cronometro centesimale, così da poter individuare quali fossero le operazioni a maggior

incidenza. Il metodo d'analisi applicato è quello descritto da *Shigeo Shingo* nella sua rinomata pubblicazione "*A Revolution in Manufacturing: The SMED System*". L'obiettivo che si vuole raggiungere è dunque quello di una riduzione consistente del tempo di setup al fine di aumentare la reattività e la capacità dell'azienda di rispondere più rapidamente alle richieste dei clienti senza dover sacrificare l'efficienza produttiva, aumentando così notevolmente la competitività sul mercato. In un'ottica più ampia, l'ottenimento di risultati rilevanti aprirebbe all'azienda le porte della *lean manufacturing* con la possibilità di produrre a flusso anche i prodotti "speciali", generando per la stessa un vantaggio competitivo notevole in termini di *lead time* di produzione.

SOMMARIO.....	pp. 1
INTRODUZIONE.....	pp. 3
CAP 1 : LA TEORIA LEAN.....	pp. 7
1.1 Cenni storici.....	pp. 9
1.2 Le linee guida della teoria lean.....	pp. 11
1.2.1 I 5 principi.....	pp. 11
1.2.2 L'identificazione degli sprechi (MUDA).....	pp. 13
1.3 Le tecniche operative.....	pp. 16
1.3.1 Value Stream Mapping (VSM).....	pp. 16
1.3.2 Layout a U.....	pp. 17
1.3.3 Organizzazione del posto di lavoro (5S).....	pp. 18
1.3.4 Visibilità del flusso (Visual Management System).....	pp. 19
1.3.5 Tecnologie di processo semplici su scala ridotta.....	pp. 20
1.3.6 Controllo di tipo pull e Kanban.....	pp. 21
1.3.7 Incremento di flessibilità interna.....	pp. 23
1.3.8 Programmazione livellata della produzione (Heijunka) e delle consegne.....	pp. 24
1.3.9 Produzione Mixed Modelling.....	pp. 25
1.3.10 Total Productive Maintenance (TPM).....	pp. 25
1.3.11 Controllo statistico di processo.....	pp. 27

CAP 2 : LA TEORIA SMED.....	pp. 29
2.1 L'incidenza dei setup sulla produttività.....	pp. 31
2.2 La tipica procedura di setup.....	pp. 33
2.3 Cos'è lo S.M.E.D.?	pp. 34
2.4 Le fasi per implementare lo S.M.E.D.	pp. 36
2.4.1 Internal ed External setup indifferenziati.....	pp.37
2.4.2 Separazione tra Internal ed External setup.....	pp.38
2.4.3 Convertire Internal setup in External setup.....	pp.40
2.4.4 Ottimizzare tutti gli aspetti delle operazioni di setup.....	pp. 41
CAP 3 : IL GRUPPO LAFERT.....	pp. 47
3.1 Presentazione.....	pp. 49
3.1.1 Mission.....	pp. 50
3.1.2 Le scelte di Lafert.....	pp. 51
3.2 La gamma di prodotto.....	pp. 51
3.2.1 Motori Energy Efficient.....	pp. 52
3.2.2 Motori customizzati.....	pp. 52
3.2.3 Motori High Performance.....	pp. 53
3.2.4 Motori e azionamenti Servo.....	pp. 53
3.2.5 Motori Lift.....	pp. 53

CAP 4 : LEAN IN LAFERT.....	pp. 55
4.1 Le necessità di Lafert.....	pp. 57
4.2 Il reparto meccanico speciale.....	pp. 58
4.2.1 Composizione del reparto e fasi di lavorazione.....	pp. 58
4.2.2 Analisi delle famiglie e sequenze di lavorazione.....	pp. 60
4.2.3 La mappatura del flusso del valore (VSM).....	pp. 62
4.3 La fase di rettifica.....	pp. 64
4.3.1 Morfologia di una macchina per rettifica esterna cilindrica.....	pp. 64
4.3.2 Composizione delle isole di rettifica.....	pp. 67
4.3.3 Calcolo dell'OEE tramite i rapportini di produzione.....	pp. 71
CAP 5 : STEP 1 : IED E OED INDIFFERENZIATI.....	pp. 77
5.1 Analisi delle operazioni di setup.....	pp. 79
5.1.1 Data sheet rettifica manuale Grisetti.....	pp.79
5.1.2 Data sheet rettifica CNC Emmerre.....	pp. 82
5.1.3 Data sheet rettifica CNC Tacchella.....	pp. 85
5.1.4 Data sheet rettifica CNC Morara.....	pp. 88
CAP 6 : STEP 2 : DISTINZIONE TRA IED E OED.....	pp. 93
6.1 Analisi delle attività interne ed esterne.....	pp. 95
6.1.1 Data sheet rettifica manuale Grisetti.....	pp. 95
6.1.2 Data sheet rettifica CNC Emmerre.....	pp. 97

6.1.3 Data sheet rettifica CNC Tacchella.....	pp. 100
6.1.4 Data sheet rettifica CNC Morara.....	pp. 103
6.2 Considerazioni preliminari.....	pp. 105
CAP 7 : STEP 3 : CONVERSIONE DI IED IN OED.....	pp . 107
7.1 I limiti nel convertire IED in OED.....	pp. 109
CAP 8 : STEP 4 : OTTIMIZZAZIONE E SEMPLIFICAZIONE DELLE OPERAZIONI.....	pp. 111
8.1 Ottimizzazione OED : gli interventi 5S.....	pp. 113
8.1.1 Attrezzi e attrezzature a bordo macchina.....	pp. 113
8.1.2 Lo scaffale degli assi campione.....	pp. 116
8.2 Ottimizzazione IED.....	pp. 117
8.2.1 Definizione della nuova sequenza di setup.....	pp. 118
8.2.2 La parallelizzazione delle attività di attrezzaggio dell'isola...	pp. 119
8.2.3 I problemi nella regolazione della conicità.....	pp. 119
8.3 Applicazione del Visual Management.....	pp. 122
CAP 9 : LA NUOVA PROCEDURA DI ATTREZZAGGIO.....	pp . 125
9.1 La realizzazione del nuovo data sheet.....	pp. 127
9.1.1 Data sheet rettifica manuale Grisetti.....	pp. 127
9.1.2 Data sheet rettifica CNC Emmerre.....	pp. 129

9.1.3 Data sheet rettifica CNC Tacchella.....	pp. 132
9.1.4 Data sheet rettifica CNC Morara.....	pp. 134
9.2 Calcolo del risparmio di tempo ottenuto.....	pp. 137
9.2.1 Analisi isole di rettifica A,B.....	pp. 137
9.2.2 Analisi isola di rettifica C.....	pp. 138
9.2.3 Analisi isola di rettifica D.....	pp. 138
9.2.4 Analisi risparmio totale.....	pp. 139
CAP 10 : L'ANALISI ECONOMICA DELL'INTERVENTO.....	pp. 141
10.1 Il costo degli interventi.....	pp. 143
10.1.1 Costi per le nuove attrezzature.....	pp. 143
10.1.2 Costi per interventi 5S.....	pp. 145
10.1.3 Costo per interventi di Visual Management.....	pp. 146
10.2 Il margine di contribuzione.....	pp. 149
10.3 Analisi del Payback Period.....	pp. 150
CAP 11 : PUNTI APERTI E CRITICITÀ.....	pp. 153
11.1 Una prospettiva di lavoro a flusso.....	pp. 155
11.2 Analisi per l'automazione della linea.....	pp. 156
11.2.1 Ipotesi di interventi per l'automazione.....	pp. 156
11.2.2 Costi ipotizzati per gli interventi e Payback Period.....	pp. 158

CONCLUSIONI..... pp. 161

APPENDICI..... pp. 163

BIBLIOGRAFIA..... pp. 171

INTRODUZIONE

L'evoluzione del mercato, in termini di varietà e variabilità di domanda, ha obbligato le aziende a ridefinire il proprio sistema produttivo per ricercare la reattività necessaria a rispondere alle esigenze del cliente senza venire a meno agli obiettivi di efficienza e qualità necessari ad una produzione a costi contenuti e ragionevoli. Il concetto appena descritto è una delle basi fondamentali della teoria *Lean*, la quale, grazie all'utilizzo di tecniche atte alla riduzione degli sprechi e all'ottimizzazione di ogni singola microfase produttiva, si prefigge di ottenere i risultati tipici della produzione di massa, a fronte di volumi molto più bassi e varietà molto più alta. I problemi maggiori che si incontrano nel voler perseguire tali obiettivi sono principalmente legati alla riduzione dell'efficienza produttiva e dunque all'aumento dei costi derivanti dalla crescente varietà e dalla riduzione delle economie di scala. Il denominatore comune che si traduce in ostacolo per le aziende nel raggiungere tali obiettivi è il setup a cui l'intera linea di produzione deve essere sottoposta a fronte di un cambio codice. Come si può facilmente intuire, tutte le volte che una macchina è sottoposta ad una procedura di attrezzaggio, riduce la sua efficienza produttiva, generando costi di mancata produzione, i quali incideranno sul prodotto aumentandone il prezzo o riducendo i margini di profitto; in entrambi i casi l'azienda vedrebbe ridotta notevolmente la propria competitività sul mercato.

A fronte di queste considerazioni il primo passo che un'azienda dovrebbe compiere per aumentare la propria flessibilità è proprio la riduzione dei tempi di setup. Il problema fu affrontato nello specifico per la prima volta a partire dagli inizi degli anni '50 da *Shigeo Shingo*, il quale dopo quasi 20 anni di studi e ricerche diede vita a quello che oggi è conosciuto come *S.M.E.D. System*, un insieme di linee guida per l'analisi delle procedure di setup e di

tecniche per la riduzione dei tempi ad esse correlate. Il lavoro di *Shingo*, raccolto in una delle sue più importanti pubblicazioni ("*A Revolution in Manufacturing: The SMED System*"), comprende oltre alla trattazione teorica del problema, anche un insieme di casi studio che possono essere usati come spunto per l'implementazione della teoria *S.M.E.D.* in azienda.

É proprio da qui che *Lafert*, azienda italiana leader nella produzione di motori elettrici, ha deciso di iniziare il suo percorso verso la *Lean Production*. La flessibilità ricercata da *Lafert* è legata al fatto che la maggior parte della sua produzione è costituita da piccoli lotti di motori "speciali", con specifiche differenti per ogni cliente. Dati gli ottimi risultati riportati da numerose aziende nell'applicazione dello *S.M.E.D. System*, anche *Lafert* ha deciso di intraprendere questa strada.

Il primo capitolo fornisce una panoramica generale sulla nascita della teoria *Lean*, sui suoi obiettivi e sugli strumenti o metodologie impiegate per l'implementazione della stessa.

Il secondo capitolo si concentra sullo *S.M.E.D. System*, sui vantaggi che esso può apportare e sul metodo d'analisi teorico.

Nel capitolo terzo è fornita una breve presentazione dell'azienda.

Il capitolo quarto descrive il quadro aziendale in cui si inserisce l'intervento *S.M.E.D.*, l'analisi preliminare effettuata sul processo e sulle famiglie di prodotto e infine l'analisi di reparto con il calcolo dell'*OEE (Overall Equipment Efficiency)*.

I capitoli 5, 6, 7, e 8 rappresentano i quattro step di cui si compone l'applicazione delle tecniche *S.M.E.D.*, a partire dalla realizzazione dei *data sheet* con la tempificazione delle singole operazioni di setup, per passare poi alla divisione delle stesse in interne ed esterne, fino ad arrivare alla scelta degli ambiti di intervento.

Il capitolo 9 comprende la documentazione del nuovo processo con le nuove rilevazioni cronometriche e con il calcolo del tempo risparmiato a seguito dell'implementazione della nuova procedura di setup.

Nel decimo capitolo sono sottolineate le diverse voci di costo relative agli interventi sostenuti ed è sviluppata l'analisi economica con il calcolo del *Payback Period* e del flusso di cassa.

Il capitolo undici infine contiene i punti aperti e le opportunità che si offrirebbero all'azienda a seguito di una rigorosa applicazione di questo tipo di cantieri *kaizen* (di miglioramento continuo), unitamente ad una breve analisi per una possibile automazione completa della linea di produzione.

CONCLUSIONI

I risultati ottenuti e misurati a seguito degli interventi compiuti possono ritenersi soddisfacenti sia per quanto riguarda i bassi investimenti che si sono dovuti sostenere, sia per quanto riguarda il risparmio di cui l'azienda ha potuto usufruire fin da subito. Tutto questo trova riscontro nel breve *Payback Period* calcolato, poco più di cinque settimane lavorative.

In alcuni casi, il risparmio di tempo ottenuto è stato quasi del 50% rispetto alla normale procedura di setup, nonostante si trattino di stime effettuate su valori medi. Le rilevazioni cronometriche effettuate per ogni nuova procedura di setup sono state quattro, ritenute in numero sufficiente per fornire un'indicazione attendibile dei risultati ottenuti.

Confrontando i risultati con quelli descritti in letteratura, come ad esempio i casi studio di *Matsushita Electric*, *Toyoda Gosei* e *Kubota (A Revolution in manufacturing: The SMED System, Shigeo Shingo)*, si può notare come le cifre relative ai singoli investimenti e ai guadagni, o risparmi ottenuti, siano in linea con questi, indice di un'applicazione soddisfacente delle tecniche S.M.E.D.

Il buon risultato ottenuto potrebbe indurre l'azienda ad estendere gli interventi a tutti i reparti, sfruttando i vantaggi ottenuti per ridurre il *Lead Time* di produzione potendo cambiare codice più spesso senza dover rinunciare eccessivamente all'efficienza.

CAPITOLO 1

LA TEORIA LEAN

1.1 CENNI STORICI

“Tale situazione stagnante della produzione di massa tanto negli Stati Uniti quanto in Europa avrebbe potuto continuare indefinitamente se in Giappone non fosse emersa una nuova industria automobilistica. La vera portata di questa industria sta nel fatto che non si tratta semplicemente di una replica dell’ormai antiquato approccio americano alla produzione di massa. I giapponesi stavano sviluppando un modo tutto nuovo di fabbricazione, che noi chiamiamo produzione snella.”

tratto da *La macchina che ha cambiato il mondo* , J.P. Womack – D.T. Jones – D. Roos

La teoria della produzione snella (*lean production*), così come la conosciamo oggi, nacque in seguito alla necessità che individuarono Kiichiro Toyoda , suo nipote Eiji e Taiichi Ohno, di sviluppare un nuovo sistema di produzione, poiché la produzione di massa adottata da Henry Ford, mai si sarebbe adattata al contesto giapponese del dopoguerra.

I motivi principali per cui la produzione di massa si sarebbe rivelata un fallimento per il Giappone, sono fondamentalmente quattro:

- Il mercato interno giapponese era molto limitato in quanto a numeri, ma allo stesso tempo molto ampio per quanto riguarda la gamma di veicoli prodotti
- I lavoratori, presa coscienza della propria posizione, non intendevano più essere trattati come ingranaggi sostituibili di una macchina, quale era diventata la fabbrica. A questo si erano aggiunte le nuove leggi sindacali introdotte a seguito dell’occupazione americana che rafforzarono notevolmente la posizione degli operai nelle trattative con l’azienda
- La guerra segnò notevolmente l’economia giapponese che, povera di capitali, non dava la possibilità di investire nelle più recenti tecnologie occidentali

- Le numerose e grosse aziende automobilistiche sviluppatesi all'estero vedevano nel Giappone una nuova possibilità di crescita e allo stesso tempo erano pronte a difendersi dalle eventuali esportazioni nipponiche

Il governo per sopperire a quest'ultimo problema vietò gli investimenti esteri diretti nell'industria automobilistica nazionale così da fornire alla Toyota la possibilità di crescere e di acquisire una solida posizione all'interno del settore.

Allo stesso tempo però avrebbe voluto che le case automobilistiche giapponesi si riunissero in due o tre grandi case costruttrici che si opponessero a quelle americane, e che ognuna di esse si specializzasse in un modello particolare di automobile per evitare che nascesse una concorrenza interna troppo spinta. Ma la Toyota, come la Nissan e altre fabbriche, decisero di non accettare questa imposizione e ciascuna cominciò a produrre gamme complete di automobili.

Fu in questo momento che Taiichi Ohno si rese conto che le attrezzature e i metodi utilizzati in America non potevano essere impiegati per una così elevata varietà di prodotto, e che allo stesso tempo la produzione artigianale si allontanava dai volumi tipici della produzione di massa che si sarebbero comunque voluti raggiungere.

1.2 LE LINEE GUIDA DELLA TEORIA LEAN

I nuovi fattori critici di successo a cui le aziende devono aspirare per poter essere competitive nel mercato sono quelli di agilità, focalizzazione, riduzione dei costi e aumento della varietà di prodotto finito.

Sebbene questi obiettivi possano sembrare in contrasto tra di loro, il loro raggiungimento, o quanto meno il loro avvicinamento, può essere ottenuto mediante la massimizzazione della flessibilità produttiva e la regolarità operativa di funzionamento.

Il concetto di *Lean Manufacturing* prevede dunque che le caratteristiche principali del nuovo sistema produttivo siano quelle di essenzialità, snellezza, rapidità di attraversamento, apertura alla domanda di mercato, ma allo stesso tempo anche di rigidità, rigore e precisione.

Il principio fondamentale su cui si basano tutte le tecniche *lean* è quello dello studio della catena del valore (insieme di attività sia a valore aggiunto che non a valore aggiunto) e dell'eliminazione degli sprechi (*muda*), dal momento che il cliente non sarà mai disposto a pagare per tutte le attività che non aggiungano valore al prodotto.

1.2.1 I 5 PRINCIPI

Per implementare con successo un progetto *lean* si devono seguire delle linee guida, identificate dai 5 principi descritti di seguito

DEFINIZIONE DEL VALORE PER IL CLIENTE

Il primo passo è quello di dividere le attività che aggiungono valore al prodotto, e che il cliente è disposto a pagare, da quelle che non aggiungono valore, identificando gli sprechi del processo. Tra queste ve ne saranno alcune che non aggiungeranno valore e che saranno eliminabili, e altre che, pur non aggiungendo valore al prodotto, saranno inevitabili.

MAPPATURA DEL FLUSSO DEL VALORE

Questa fase viene implementata mediante l'utilizzo di uno strumento, la *Value Stream Map* (VSM), la quale ha come scopo principale quello di identificare lo stato attuale del flusso all'interno dell'azienda e definire come dovrebbe essere quello futuro.

FAR SCORRERE IL FLUSSO DEL VALORE

Questo principio sottolinea la necessità di produrre secondo un flusso che non presenti code e colli di bottiglia, cioè un flusso in cui vi è un perfetto bilanciamento tra tutte le fasi del processo e che permetta una produzione di tipo *One Piece Flow*. Per fare ciò si deve abbandonare il sistema di produzione a lotti che comporta necessariamente la formazione di code e scorte.

OPERARE SECONDO UNA STRATEGIA DI TIPO "PULL"

Per produrre secondo la logica del *One Piece Flow* le informazioni necessarie a lanciare gli ordini di produzione devono provenire direttamente dal cliente, il quale, essendo l'ultimo stadio dell'intero processo, "tirerà" la produzione in relazione alle proprie esigenze.

PERSEGUIRE L'ECCELLENZA

La ricerca continua dell'eccellenza mediante un processo di miglioramento continuo (*kaizen*) è alla base della filosofia *lean*. Tale processo deve però riguardare l'azienda nella sua totalità, e necessita dunque di un elevato coinvolgimento del personale a tutti i livelli, in particolar modo degli operatori di linea, i quali, essendo a contatto diretto con il processo, sono riconosciuti come i maggiori esperti del processo stesso.

1.2.2 L'IDENTIFICAZIONE DEGLI SPRECHI (MUDA)

“Ohno, che nel dopoguerra aveva visitato Detroit ripetutamente, riteneva che l'intero sistema fosse impregnato di muda, termine giapponese per indicare lo spreco in fatto di fatica, materiali e tempo. Rifletteva che nessun esperto oltre al montatore contribuiva al plusvalore dell'auto. Per di più, Ohno riteneva che i montatori fossero in grado di svolgere gran parte delle mansioni degli esperti e meglio, per la conoscenza diretta delle condizioni alla catena.”

tratto da *“La macchina che ha cambiato il mondo”* , J.P. Womack – D.T. Jones – D. Roos

Gli sprechi individuati dalla teoria *lean* sono raggruppabili in 7 categorie differenti:

1. Attese
2. Trasporti
3. Sovraproduzione
4. Scorte
5. Movimentazioni
6. Scarti/rilavorazioni
7. Inefficienze di processo

ATTESE

All'interno di questa categoria rientrano tutti i tempi di attesa a cui il prodotto è sottoposto durante il ciclo di fabbricazione. Semplicemente possono essere calcolati come differenza tra il *lead time* di attraversamento del prodotto e l'effettivo tempo di fabbricazione dello stesso.

Tra le cause più comuni si possono citare la mancata sincronizzazione tra le fasi del processo, guasti delle macchine, attese generate dall'attrezzaggio della macchina, ritardo nell'arrivo dei materiali etc.

TRASPORTI

I trasporti riguardano tutte le azioni di movimentazione da un reparto all'altro, che, oltre ad avere un costo legato al consumo di risorse, possono anche generare costi legati a scarti prodotti durante le fasi di movimentazione. Il modo migliore per ottimizzare i trasporti è quello di non farli, ovvero di studiare anzitutto i motivi per cui devono essere effettuati, e in seguito cercare di eliminare o almeno ridurre i vincoli che li rendono necessari. Non potendo eliminarli si dovrà agire sull'ottimizzazione delle risorse impiegate, sulle distanze percorse, sulla frequenza e sulle procedure operative.

SOVRAPPRODUZIONE

La sovrapproduzione interessa in particolar modo le aziende che utilizzano la produzione a lotti, producendo perciò non sulle specifiche richieste del cliente, bensì in maniera previsionale. Questo modo di produrre genera uno spreco elevato sia in termini di risorse utilizzate per produrre ciò che non sarà venduto ma messo a magazzino, sia in termini di spazio occupato dai prodotti stoccati. La produzione ideale *One Piece Flow* però non è sempre raggiungibile, o lo è ma a fronte di investimenti ingenti che non renderebbero l'operazione economicamente vantaggiosa. Per implementare questa logica produttiva devono esserci delle condizioni adeguate, quali: una corretta e precisa pianificazione della produzione, un'elevata flessibilità, controllo e stabilità dei processi e efficienza organizzativa.

SCORTE

Le scorte, sia di prodotti finiti che di semilavorati (*Work In Process*, WIP), generano dei costi relativamente al valore immobilizzato che, nel primo caso, è pari al valore del prodotto stesso, e nel secondo, è pari al valore relativo

allo stato di avanzamento del semilavorato. In entrambi i casi vi è comunque un'occupazione di spazio che potrebbe essere altrimenti utilizzato per attività produttive e dunque a valore.

MOVIMENTAZIONI

Le movimentazioni come i trasporti non offrono alcun valore aggiunto al prodotto ma generano solo dei costi. Si considerano movimentazioni tutti gli spostamenti dell'operatore, della macchina o del pezzo all'interno di un ciclo di lavorazione. La riduzione di tali movimenti, quali ad esempio carico e scarico del pezzo, recupero di attrezzi in postazioni differenti devono essere analizzate nello specifico, eliminando quelle non necessarie ed ottimizzando quelle inevitabili

SCARTI / RILAVORAZIONI

La realizzazione di prodotti non conformi determina un costo per l'azienda, poiché sono state impegnate risorse e materiali per un prodotto che non potrà mai essere venduto. Qualora questo prodotto potesse essere recuperato tramite delle ri-lavorazioni avrebbe comunque un costo molto maggiore rispetto allo standard. Questo tipo di spreco molte volte non è nemmeno considerato tale, poiché alcune rilavorazioni potrebbero essere considerate necessarie e irrinunciabili. La teoria lean considera tali rilavorazioni e aggiustamenti come produzione fuori standard, e quindi spreco, che deve essere eliminato.

INEFFICIENZE DI PROCESSO

Le inefficienze di processo, quali rallentamenti del flusso, esecuzione di attività non necessarie al soddisfacimento delle richieste del cliente e variabilità dei risultati possono essere imputati a diverse cause: inefficienze

organizzative, bassa produttività degli impianti, eccessiva variabilità dei parametri di processo, eccessiva variabilità dei materiali e attrezzature inadeguate. Inoltre a questi sprechi fanno riferimento anche le competenze degli operatori, significa che devono essere considerati anche i costi, seppur difficilmente valutabili, dell'esecuzione di una attività a basse competenze svolta da operatori con qualifica maggiore di quella necessaria.

1.3 LE TECNICHE OPERATIVE

I fronti sui quali si deve agire per una corretta implementazione della filosofia lean sono quattro: la razionalizzazione del flusso, l'allineamento dell'offerta con la domanda, l'aumento della flessibilità interna e la minimizzazione della variabilità dei processi.

Sebbene i contesti aziendali siano molto diversi tra di loro e ognuno di essi presenti delle caratteristiche peculiari che lo rendono unico, sono state sviluppate delle tecniche operative comuni che possono essere adottate indifferentemente dal contesto applicativo, e che mirano all'ottenimento degli obiettivi sopracitati.

1.3.1 VALUE STREAM MAPPING

Si tratta di un processo che ha come scopo finale quello dell'identificazione dell'intera catena del valore. In questa mappa sono rappresentati il flusso dei materiali e il flusso delle informazioni per un prodotto durante l'intero ciclo di produzione lungo tutta la catena del valore. Per fare ciò si segue il percorso di un determinato prodotto partendo dal cliente e andando a ritroso fino ai fornitori, tracciando uno schema visivo dei due flussi per ciascun processo.

La VSM viene utilizzata per individuare piuttosto che lo spreco isolato, la sorgente di tutti gli sprechi lungo tutta la catena del valore e permette, tramite un linguaggio comune, di discutere delle decisioni da intraprendere nel reparto.

Il primo passo consiste nell'effettuare una mappatura dello stato attuale. Partendo dalla VSM tracciata per lo stato attuale, si passa a tracciare quella dello stato futuro, ovvero di come dovrebbero essere da qui ad un certo periodo di tempo i due flussi a seguito di una serie di miglioramenti.

Il raggiungimento dello stato futuro deve essere effettuato mediante l'implementazione in più passi, in modo tale che l'adozione di un numero troppo elevato di cambiamenti non determini un risultato così negativo da comportare l'abbandono del progetto.

1.3.2 LAYOUT A U

L'utilizzo di un layout a "U" permette di ottenere numerosi vantaggi in termini di controllo del flusso. Affinché l'utilizzo di questo tipo di layout non comporti dei costi elevati a causa del numero eccessivo di operatori, si utilizzano dei cosiddetti operatori "multi-funzionali", ovvero, che compiano attività differenti su macchine differenti. L'operatore visita ciascuna delle macchine a cui è assegnato una volta per ogni ciclo, e se, una volta arrivato alla macchina, non ha pezzi in attesa di essere lavorati, attende fino al termine della lavorazione della macchina precedente. L'operazione dunque consiste nel prendere il pezzo appena lavorato e indirizzarlo alla macchina successiva, successivamente prendere il pezzo lavorato dalla precedente, inserirlo nella macchina e attivarla. Si considera dunque come tempo ciclo dell'operatore l'intervallo di tempo che intercorre tra due arrivi consecutivi alla prima macchina a cui è stato assegnato; il tempo ciclo sarà costituito di conseguenza dalle attese per il termine delle lavorazioni precedenti, dai tempi delle operazioni e dal tempo che serve all'operatore per muoversi da una macchina all'altra.

Quando, come nel caso mostrato in figura (fig. 1.1), l'ingresso e l'uscita del prodotto sono gestiti dallo stesso operatore si parla di *linea di produzione a U*. Questo permette al WIP di rimanere costante poiché un nuovo pezzo da lavorare entrerà linea solo quando un prodotto finito ne sarà uscito.

Uno dei vantaggi principali che si riescono ad ottenere con questo tipo di layout è la maggiore flessibilità della linea, ottenuta mediante una facile riallocazione delle risorse umane alle macchine, in funzione delle variazioni dei tempi ciclo determinate da una variazione di codice prodotto.

Ultima, ma non meno importante, è la possibilità che un operatore, concluso il suo ciclo (comprendente tutte le macchine a cui è stato assegnato), aiuti un operatore che non abbia ancora finito, mediante quello che in Toyota è chiamato *Mutual Relief Movement*.

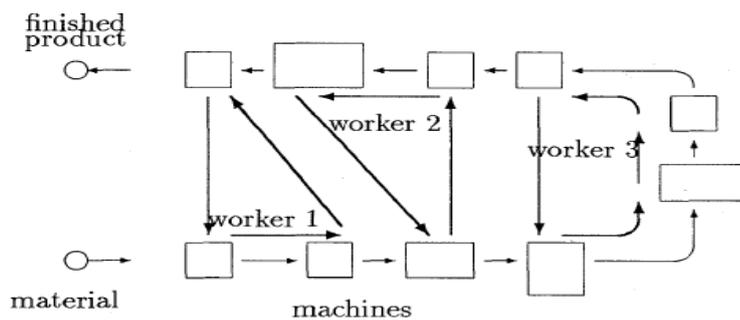


Fig. 1.1 (Fonte: Katsuhisa Ohno, Koichi Nakade, 1997, "Analysis and optimization of a U-shaped production line") *Layout a U con operatore multi-funzionale*

1.3.3 L'ORGANIZZAZIONE DEL POSTO DI LAVORO

Affinché l'operatore sia messo in condizione di eseguire al meglio le attività a cui è stato assegnato, deve essere mantenuta una rigorosa e precisa organizzazione della postazione di lavoro. Tale obiettivo può essere raggiunto grazie al metodo delle 5S:

- SEIRI (*Separare*): separare le cose utili dalle cose inutili, quelle utilizzate maggiormente da quelle utilizzate più raramente

- SEITON (Sistemare): identificare e definire una locazione ben precisa delle attrezzature, materiali e documenti necessari sul posto di lavoro
- SEISO (Spolverare / Pulire): effettuare una pulizia e sistematica del posto di lavoro
- SEIKETSU (Standardizzare): definire gli standard operativi per mantenere in ordine il proprio posto di lavoro
- SHITSUKE (Seguire le regole): diffondere gli standard operativi di pulizia e ordine e verificare che siano rispettati da parte del personale

1.3.4 LA VISIBILITA' DEL FLUSSO (VISUAL MANAGEMENT SYSTEM)

La scelta di un layout adeguato come quello visto precedentemente offre la possibilità a chi opera all'interno del processo di avere un'alta visibilità di tutti gli spostamenti che avvengono, rendendo più immediata l'individuazione di accorgimenti e soluzioni per il miglioramento.

L'aumento della visibilità di processo rende inoltre semplice l'identificazione dei problemi e ottimizza il flusso di informazioni necessario all'esecuzione di un processo rapido e di qualità.

Per ottenere un maggior visibilità si possono utilizzare diversi sistemi:

- Rendere chiari i flussi di processo mediante appositi segnali
- Rendere visibili a tutti gli indicatori di performance
- Utilizzare sistemi di controllo a vista (ad esempio il *kanban*)
- Rendere facilmente individuabili le interruzioni mediante apposite luci colorate

L'utilizzo di tutte queste tecniche deve essere però integrato da una maggior autonomia decisionale fornita all'operatore, a cui si deve dare la possibilità di interrompere la produzione ogni qual volta riscontri un problema. Benché questo possa produrre nel breve termine un calo di efficienza del processo,

risulterà comunque conveniente rispetto ad un eventuale accumulo di prodotti difettosi e alla successiva rettifica degli stessi.

La teoria *lean* impone perciò l'identificazione e la risoluzione immediata dei problemi riscontrati per evitare che questi si ripetano nel lungo termine.

1.3.5 TECNOLOGIE DI PROCESSO SEMPLICI E SU SCALA RIDOTTA

L'utilizzo di grandi macchinari per produrre grossi lotti in serie è un forte limite alla razionalizzazione del flusso. Questo accade poiché si è costretti a produrre un notevole numero di pezzi prima di riattrezzare la macchina a causa dei lunghi tempi di setup, perdendo notevolmente in quanto a flessibilità. Al contrario, utilizzando macchine più piccole che lavorano in parallelo, si possono ottenere grossi vantaggi sia dal punto di vista della diversificazione della produzione che da quello dell'affidabilità. Il limite di produrre un unico tipo di prodotto in grosse quantità viene a meno grazie alla possibilità di produrre piccoli lotti, eventualmente anche di prodotti diversi, avendo a disposizione più macchine attrezzabili a seconda delle esigenze. La rottura eventuale di una macchina non comprometterebbe l'intera capacità produttiva ma la ridurrebbe semplicemente, al contrario di quello che accadrebbe con la rottura di un'eventuale unica grande macchina. Infine nell'eventualità che si volesse cambiare il layout, anche solo parzialmente, si potrebbe decidere di spostare solo alcune delle macchine e con più semplicità.

Di contro l'investire in più unità produttive comporta ovviamente dei costi maggiori e potrebbe portare ad un utilizzo minore delle stesse.

Quello che deve essere rivalutato nell'effettuare l'investimento della capacità produttiva sono i vantaggi che si ottengono dal produrre con un'alta varietà (seguendo le richieste del cliente) piuttosto che cercando di inseguire a tutti i costi le economie di scala, che data la frammentarietà del mercato attuale,

comportano necessariamente la produzione di scorte e l'aumento dei costi ad esse relativi.

1.3.6 CONTROLLO DI TIPO PULL E UTILIZZO DEL KANBAN

“Infine, Ohno sviluppò un nuovo modo di coordinare il flusso giornaliero dei pezzi all'interno del sistema di approvvigionamento, il famoso sistema del just-in time (giusto in tempo), detto anche Toyota kanban. L'idea di Ohno fu di convertire un vasto gruppo di fornitori e componentisti in una grande macchina, come lo stabilimento di Highland Park di Henry Ford, imponendo che i pezzi fossero prodotti nella fase appena precedente quella necessaria. Alcuni container trasportavano i pezzi al momento giusto. Quando un container si svuotava veniva rimandato indietro, e tale procedura divenne il segnale automatico per dare il via alla fabbricazione di altri pezzi.”

tratto da *“La macchina che ha cambiato il mondo”*, J.P. Womack – D.T. Jones – D. Roos

E' riconosciuto il fatto che un prodotto consegnato in ritardo, o in anticipo, ha un valore minore rispetto a quello consegnato al momento concordato. Questo accade poiché, nel primo caso il cliente non è disposto a pagare lo stesso prezzo per un prodotto richiesto tempo prima e consegnato in ritardo e nel secondo perché i prodotti consegnati in anticipo generano delle scorte che comportano dei costi. In entrambi i casi i margini di guadagno sul prodotto diminuiscono.

Per produrre solo ciò che serve e quando serve, ottenendo così il massimo profitto, si dovrebbe seguire una logica di tipo *pull* (fig.1.2), ove gli ordini di produzione vengono generati dagli stadi direttamente a valle e non pianificati a prescindere dalle richieste o dalle reali necessità, approccio tipico della logica di tipo *push* (fig. 1.3).

In questo modo si ottengono numerosi vantaggi: prima di tutto una consistente riduzione delle scorte, a cui sono correlate dei costi di

immobilizzazione e di possibile obsolescenza, viene ridotto il WIP, e la chiarezza del flusso risulta maggiore.

L'implementazione di una logica *pull* a tutti gli stadi del processo risulta però di difficile realizzazione, pertanto sono molto più diffuse logiche ibride di tipo *push / pull*, in cui i primi stadi lavorano secondo le regole della classica pianificazione della produzione, mentre l'assemblaggio o la produzione finale avvengono in seguito agli specifici ordini dei clienti.

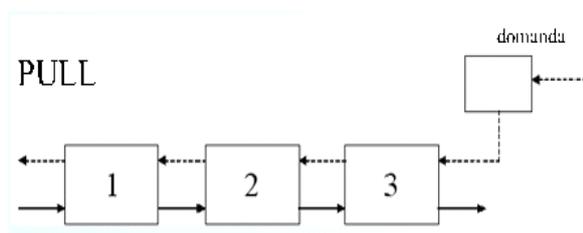


Fig. 1.2 Funzionamento della logica pull

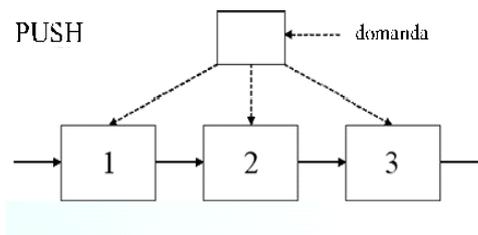


Fig. 1.3 Funzionamento della logica tipo push

(Fonte: <http://athena.zcu.cz/batcos>)

Lo strumento maggiormente utilizzato per l'implementazione di questo tipo di controllo della produzione è il *kanban* (Fig. 1.4). Questo non è nient'altro che un segnale, sottoforma di cartellino, pallina colorata o qualsiasi altra cosa di immediata visibilità, che viene utilizzato per identificare un prelievo di materiale o un ordine di produzione. Generalmente i cartellini sono posizionati in una rastrelliera posta in ogni reparto; ogni qual volta uno di questi viene prelevato, viene generato nella stazione a monte un ordine di produzione o di movimentazione di un'unità di carico standard. Con questo tipo di sistema, il prelievo di un *kanban* è l'unica azione che può autorizzare la fornitura o la produzione di qualcosa.

Oltre ad essere utilizzato per lo scopo appena descritto, il *kanban* è utile, sia per individuare le aree di sovrapproduzione, che per stimolare il processo di miglioramento continuo (*kaizen*) verificabile tramite la riduzione continua del numero di cartellini.

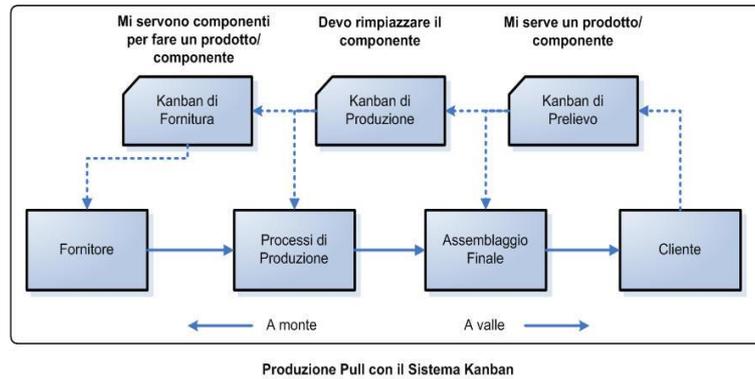


Fig. 1.4 (Fonte: www.leanmanufacturing.it) Funzionamento del sistema kanban

1.3.7 INCREMENTO DELLA FLESSIBILITÀ INTERNA

Al fine di poter implementare correttamente e con buoni risultati un controllo di tipo *pull*, è di fondamentale importanza l'aumento della flessibilità interna. Data l'eterogeneità delle richieste dei diversi clienti, l'adozione di strumenti per massimizzare la flessibilità di processo diventa un fattore irrinunciabile e critico per l'adozione della *lean manufacturing*.

Generalmente parlando di flessibilità in ambito produttivo si fa riferimento ad una flessibilità di tipo tecnologico. Ciò che deve essere studiato approfonditamente per ottenere dei miglioramenti significativi è la sequenza delle varie fasi che intercorrono durante i setup delle macchine. Il tempo impiegato durante le fasi di attrezzaggio per il passaggio da un lotto all'altro determina un abbassamento della produttività, pertanto si deve rivolgere particolare attenzione alla riduzione di questo in modo che l'incidenza relativa sul tempo di produzione risulti minima. E' da sottolineare che più piccoli saranno i lotti di produzione e maggiore sarà la rilevanza dei tempi di attrezzaggio rispetto a quelli di produzione.

La tecnica a cui si fa riferimento quando si parla di riduzione dei tempi di setup è la tecnica S.M.E.D. (*Single Minute Exchange Die*), che mira all'abbattimento di questi tramite l'analisi approfondita e la semplificazione delle sequenze di attrezzaggio.

1.3.8 PROGRAMMAZIONE LIVELLATA DELLA PRODUZIONE (HEIJUNKA) E DELLE CONSEGNE

Effettuare il livellamento della produzione significa mantenere il più possibile costanti nel tempo mix e volume del flusso tra le diverse fasi del processo, in modo tale da regolarizzarlo e da renderlo più facilmente controllabile (Fig. 1.5). Benché l'idea che ispira questo metodo sia molto semplice e intuitiva, l'implementazione comporta l'esistenza di condizioni rigide e ben precise.

Generalmente, considerato un certo orizzonte temporale, si tende a produrre aggregando lotti di prodotti uguali per sfruttare le economie di scala derivanti dalla produzione di lotti più grandi. Questo modo di agire determina però due conseguenze negative: la prima è l'accumulo di scorte elevate, sia all'interno del reparto, che tra i vari reparti, la seconda è la mancata regolarità di produzione giornaliera relativamente al mix prodotto.

Livellando la produzione tramite l'adozione di un volume e di un mix di prodotti costante l'accumulo di scorte ne risulterebbe notevolmente ridotto e il WIP a sua volta diminuirebbe sensibilmente. Per quanto riguarda la regolarità, producendo secondo un mix costante e ripetuto nel tempo, la pianificazione e il controllo delle operations si rivelerebbero notevolmente semplificati, determinando un processo altamente visibile e trasparente, i cui vantaggi sarebbero percepiti immediatamente anche dai fornitori a monte.

L'approccio appena descritto per il livellamento della produzione è facilmente applicabile anche all'ambito delle consegne, e i vantaggi che si possono ottenere sono sostanzialmente gli stessi.

Una maggior frequenza nelle consegne con volumi più bassi e mix di prodotti diverso permette di ridurre le scorte e allo stesso tempo di avere una maggior flessibilità e reattività nella risposta alle variazioni di domanda.

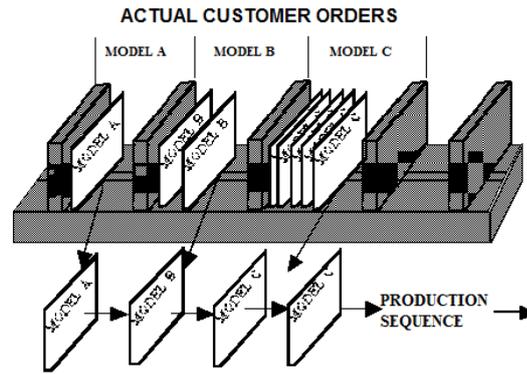


Fig. 1.5 (Fonte: <http://www.resourcesystemsconsulting.com>) Funzionamento del metodo di livellamento della produzione (Heijunka)

1.3.9 PRODUZIONE DI TIPO MIXED MODELLING

Il concetto di produzione *mixed modelling* è l'estremizzazione della produzione livellata. Lo scopo è quello di arrivare a produrre secondo un lotto ideale composto da un unico pezzo, avendo di conseguenza la massima flessibilità ottenibile da un sistema produttivo. Secondo queste condizioni ideali si potrebbe pensare di produrre con un mix micro uguale al mix macro.

Nonostante tutto, come già accennato, queste sono solamente delle condizioni ideali che difficilmente si prestano all'ambito reale dove, solitamente, i tempi ciclo unitari sono diversi da prodotto a prodotto e i rapporti tra i volumi di produzione non sono sempre chiaramente definiti.

Tale situazione ideale può comunque essere presa come modello a cui tendere secondo l'approccio del miglioramento continuo (*kaizen*) tipico della filosofia *lean*.

1.3.10 TOTAL PRODUCTIVE MAINTENANCE (TPM)

La TPM ha come scopo principale quello di eliminare la variabilità di processo tramite la riduzione di guasti e rotture grazie ad un approccio sistematico e rigoroso delle procedure di manutenzione.

L'oggetto di studio della TPM sono dunque le attrezzature, o meglio, le cause che comportano un malfunzionamento di queste.

Alla base di tutto vi è una distinzione tra diversi tipi di manutenzione, o azioni collegate ad essa:

- Manutenzione a guasto : in questo caso l'operatore aspetta di effettuare la risoluzione del problema ogni qual volta si verifichi un guasto (applicabile quando il tempo di riparazione è piuttosto basso)
- Manutenzione preventiva: si divide in manutenzione periodica, effettuata ad intervalli regolari di tempo, e in manutenzione predittiva, in cui gli interventi di manutenzione sono programmati a seguito di un'analisi sulla vita utile residua del componente
- Manutenzione correttiva: si occupa del miglioramento delle attrezzature e dei componenti in modo che la manutenzione preventiva possa essere svolta correttamente e facilmente
- Prevenzione della manutenzione: riguarda la progettazione di nuove attrezzature a seguito degli studi effettuati sulle "debolezze" delle macchine attuali

L'innovazione introdotta dalla TPM è che siano gli stessi operatori ad essere responsabilizzati e coinvolti nella manutenzione delle attrezzature, così da motivarli maggiormente grazie ad una politica di *job enlargement*. Oltre a questo vengono adottate delle piccole attività di gruppo volontarie in cui gli operatori discutendo, cercano di individuare e isolare le cause dei guasti e dei fermi macchina.

I benefici diretti ottenibili dall'adozione della TPM sono un aumento della produttività grazie ad un minor numero di guasti e rotture, una riduzione delle lamentele da parte dei clienti, una riduzione dei costi di produzione anche del 30% e un sostegno alle misurazioni per il controllo dell'inquinamento.

1.3.11 CONTROLLO STATISTICO DI PROCESSO

Il controllo statistico di processo (SPC), basandosi su delle campionature effettuata durante il processo di produzione, è utilizzato per capire se il processo è “sotto controllo”, cioè se opera secondo le specifiche definite. Nel caso in cui si dovesse riscontrare un problema a seguito dell’analisi, si potrebbe decidere di interrompere il processo per cercare di individuarne le cause.

Gli strumenti utilizzati dall’SPC sono le carte di controllo in cui sono riportate le caratteristiche distintive della qualità del prodotto, ovvero quelle che necessitano di essere monitorate continuamente. Tramite l’analisi dei *trend* delle carte di controllo è possibile intervenire sul processo prima che questo possa creare effettivamente un problema; sia che il trend individuato sia negativo che positivo, varrà la pena capirne il motivo, poiché nel primo caso si eviterà di produrre al di fuori dei parametri di qualità e nel secondo caso si potrà capire quali siano le variabili che permettono il miglioramento delle prestazioni del prodotto.

L’ SPC inoltre, “costringendo” ad un continuo apprendimento di ogni singola parte del processo genererà nel management un’elevatissima conoscenza dello stesso, potendo così prevedere come potrà operare in circostanze differenti. Lo sviluppo di una maggiore e specifica conoscenza di processo difficilmente potrà essere copiato o riprodotto dai concorrenti, generando un vantaggio competitivo per l’azienda nel mercato.

CAPITOLO 2

LA TEORIA S.M.E.D.

2.1 L'INCIDENZA DEI SETUP SULLA PRODUTTIVITÀ

L'elevata varietà e variabilità della domanda di mercato comporta la necessità per le aziende di dotarsi di sistemi di produzione flessibili e reattivi che permettano una rapida risposta alle richieste del cliente.

Per quanto riguarda l'ambito puramente produttivo, questo comporta la capacità di effettuare un cambio codice senza che questo incida significativamente sulla produttività ed efficienza della linea. Questo problema potrebbe essere risolto semplicemente dotandosi di una capacità produttiva maggiore: per assurdo si potrebbe pensare di avere una linea dedicata ad ogni prodotto e di attivarla solo quando la produzione di questo fosse richiesta, in modo tale da eliminare completamente le operazioni di attrezzaggio; ovviamente questa proposta risulterebbe ridicola agli occhi di qualsiasi imprenditore, dato l'ingente investimento in macchinari e il loro palese sottoutilizzo.

L'unica strada percorribile per ottenere un'alta reattività e flessibilità resta dunque quella della riduzione drastica dei tempi di attrezzaggio, in modo che la loro incidenza sulle operazioni produttive a valore sia minima.

Fin'ora la tecnica per ridurre l'incidenza degli attrezzaggi è stata quella tipica della produzione di massa, ovvero la produzione di grandi lotti.

Le tabelle esemplificative (Fig. 2.1, Fig. 2.2) mostrano come la produzione di grandi lotti permetta la riduzione dell'incidenza dei setup sulla produttività:

TEMPO DI SETUP	TAGLIA DEL LOTTO	DURATA DELL'OP. DI PRODUZIONE PER PEZZO	TEMPO TOTALE	% RELATIVA	% RELATIVA
4 h	100 pz	1 min	$1 + \frac{4 \times 60}{100} = 3,4 \text{ min}$	100 %	
4 h	1000 pz	1 min	$1 + \frac{4 \times 60}{1000} = 1,24 \text{ min}$	36 %	100 %
4 h	10000 pz	1 min	$1 + \frac{4 \times 60}{10000} = 1,024 \text{ min}$	30 %	83 %

Fig. 2.1 Esempio dell'incidenza di un setup di 4 h su lotti di dimensioni differenti

TEMPO DI SETUP	TAGLIA DEL LOTTO	DURATA DELL'OP. DI PRODUZIONE PER PEZZO	TEMPO TOTALE	% RELATIVA	% RELATIVA
8 h	100 pz	1 min	$1 + \frac{8 \times 60}{100} = 5,8 \text{ min}$	100 %	
8 h	1000 pz	1 min	$1 + \frac{8 \times 60}{1000} = 1,48 \text{ min}$	26 %	100 %
8 h	10000 pz	1 min	$1 + \frac{8 \times 60}{10000} = 1,048 \text{ min}$	18 %	71 %

Fig. 2.2 Esempio dell'incidenza di un setup di 8 h su lotti di dimensioni differente

È evidente come all'aumentare del lotto di produzione l'incidenza delle operazioni di setup sia sempre minore. Passando da 100 a 1000 pezzi la riduzione è notevole, mentre passando da 1000 a 10000 risulta di molto inferiore.

Utilizzando questo metodo si entra però in contrasto con l'obiettivo iniziale, quello di produrre con un'alta flessibilità e rapidità anche piccoli lotti.

L'introduzione della tecnica S.M.E.D. ha permesso una notevole riduzione dei tempi di setup permettendo così alle aziende di produrre anche piccoli lotti senza venire a meno ai target di produttività ed efficienza della linea.

A titolo esemplificativo è riportata un'altra tabella (Fig. 2.3):

TEMPO DI SETUP	TAGLIA DEL LOTTO	DURATA DELL'OP. DI PRODUZIONE PER PEZZO	TEMPO TOTALE	% RELATIVA
3 min	100 pz	1 min	$1 + \frac{3}{100} = 1,03 \text{ min}$	100 %
3 min	1000 pz	1 min	$1 + \frac{3}{1000} = 1,003 \text{ min}$	97 %

Fig. 2.3 Esempio dell'incidenza di un setup di 3 minuti su lotti di dimensione differente

La riduzione del tempo di setup a 3 minuti ha permesso di ottenere un'elevatissima flessibilità dei volumi di produzione, infatti in questo caso anche decuplicando il lotto di produzione l'incidenza dei setup sulla produttività resterà comunque trascurabile, permettendo di produrre anche piccoli lotti di prodotti diversi con un'elevata efficienza.

L'obiettivo dello S.M.E.D. è dunque quello di aumentare la flessibilità senza sacrificare la produttività.

2.2 LA TIPICA PROCEDURA DI SETUP

Le procedure di setup possono essere le più svariate dal momento che dipendono sia dal tipo di macchina che dal tipo di attrezzaggio che deve essere effettuato.

Nonostante le peculiarità di ciascuna delle operazioni che compongono una singola procedura di attrezzaggio è possibile individuare quattro insiemi di operazioni che costituiscono un generico setup:

- Preparazione, aggiustamenti post processo, controllo dei materiali grezzi, attrezzi etc..
- Montaggio e rimozione di lame, accessori, parti varie etc..
- Misurazioni, settaggi e calibrazioni
- Aggiustamenti e lavorazioni di prova

Ognuna di queste fasi incide in modo diverso sulla procedura di setup (Fig. 2.4):

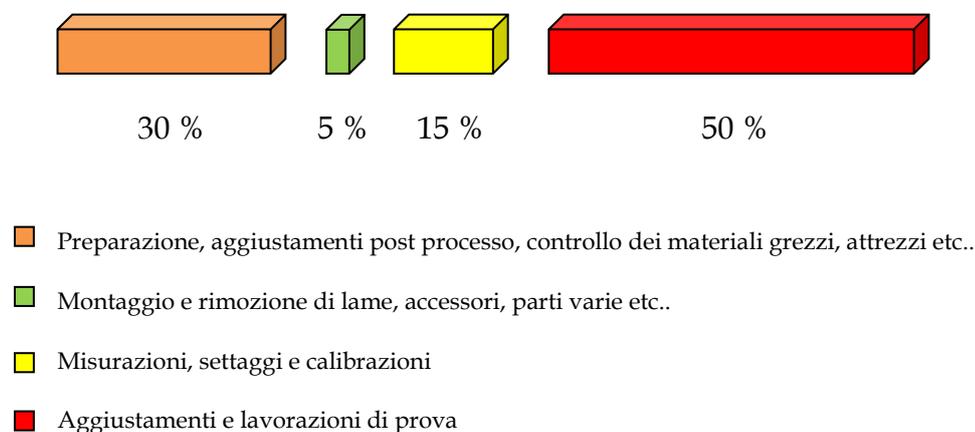


Fig. 2.4 Rappresentazione grafica della proporzione tra le varie fasi di un setup tradizionale

Nella prima fase avranno luogo le operazioni atte al controllo della presenza e della funzionalità di tutti gli strumenti e attrezzi necessari alle operazioni di produzione. Si considerano parte di questa fase anche tutti i tempi necessari alla rimozione e alla deposizione di questi, così come anche quelli necessari alla pulizia della macchina etc...

Nella fase successiva sono considerate tutte le operazioni di sostituzione di parti o utensili necessarie al cambio del lotto (rimozione e montaggio).

La terza fase si riferisce a tutte le misurazioni e calibrazioni che devono essere effettuate per iniziare le operazioni di produzione, come il centraggio, il dimensionamento, controllo di parametri di processo e così via.

L'ultima fase, ricoprendo circa metà del tempo totale di setup, risulta essere quella più critica. Questa comprende tutti gli aggiustamenti effettuati sulla macchina a seguito della lavorazione e misurazione di un pezzo di prova. L'incidenza sul tempo totale di setup è così elevata poiché in alcuni casi è necessario lavorare anche più di un pezzo, e a seconda che il tempo ciclo di lavorazione sia più o meno lungo, gli effetti sul tempo di setup potrebbero essere maggiori o minori.

2.3 COS'È LO S.M.E.D. ?

S.M.E.D. è l'acronimo di *Single-Minute Exchange of Die*, e indica tutto l'insieme di strumenti e tecniche finalizzate alla riduzione dei tempi di setup (con l'espressione *Single-Minute* si intende in realtà *Single DIGIT Minute*, cioè un intervallo di tempo esprimibile con una singola cifra, vale a dire inferiore ai 10 minuti).

L'obiettivo di questa metodologia è ambizioso, e non sempre possibile da raggiungere, ma nonostante ciò, l'applicazione della procedura e delle tecniche suggerite può portare a risultati sorprendenti.

I vantaggi derivanti dall'applicazione dello S.M.E.D. sono numerosi e permettono di superare i tipici problemi della produzione di grandi lotti.

- Aumento della disponibilità della macchina e dunque della produttività:
i setup non sono attività a valore, anzi, inducono a dei costi di non produzione. Ridurre tali tempi significa avere più tempo per compiere attività produttive riducendo il downtime della macchina dovuto ad attrezzaggi di tipo ordinario

- Aumento della flessibilità:
avendo una minor incidenza dei setup sui tempi ciclo di lavorazione non sarà più necessaria la produzione di grandi lotti per sopperire a lunghi tempi di attrezzaggio, poiché i vantaggi di tale modalità di produzione non saranno più tangibili. Come diretta conseguenza si avrà un aumento di flessibilità produttiva che potrà essere impiegata per seguire la domanda (controllo *pull*)

- Riduzione del lead time e del tempo di attesa per il cliente:
con il metodo tradizionale di produzione i ritardi e gli allungamenti del lead time di consegna sono sempre più frequenti poiché si cercherà di anticipare la produzione di ordini con pezzi uguali per raggiungere determinate dimensioni dei lotti, ma così facendo si ritarderà l'evasione di ordini ricevuti precedentemente. L'aumento di flessibilità offre la possibilità di produrre quello che si vuole quando si vuole, riducendo il tempo di attraversamento della linea e di conseguenza il tempo di consegna al cliente

- Aumento della qualità del prodotto:
utilizzare delle procedure standard di attrezzaggio con setup precisi fin dall'inizio permette di aumentare la qualità del prodotto

- Riduzione del magazzino e dei costi ad esso associati:
la possibilità di produrre "su richiesta" in ogni momento determina teoricamente la possibilità di eliminare totalmente i magazzini, con i

costi ad essi associati, quali spazio occupato, costo delle scaffalature, macchinari per la movimentazione, manodopera per la gestione del magazzino etc. Nella realtà l'eliminazione totale dei magazzini è molto difficile da ottenere se non impossibile, però resta comunque possibile una forte riduzione della loro dimensione

➤ Riduzione del rischio di obsolescenza:

tutte le materie prime o semilavorati mantenuti a magazzino come scorte dovranno essere rimpiazzati nel caso in cui si verificherà un cambio di modello. I pezzi sostituiti per fare posto a quelli nuovi potranno essere venduti a prezzo inferiore o buttati: in entrambi i casi l'azienda dovrebbe sostenere costi non indifferenti. Eliminando i magazzini si elimina anche il rischio di mantenere pezzi non più utilizzabili in futuro

2.4 LE FASI PER IMPLEMENTARE LO S.M.E.D.

Lo S.M.E.D. è una metodologia basata su un concetto scientifico, metodi solidi e tecniche concrete. Al fine di ottenere risultati soddisfacenti si dovranno applicare in maniera sequenziale e rigorosa i 4 *step* che aiuteranno sia ad effettuare correttamente l'analisi attuale che a guidare il progetto di miglioramento futuro.

2.4.1 INTERNAL ED EXTERNAL SETUP INDIFFERENZIATI

Il concetto fondamentale su cui si basa tutta la teoria S.M.E.D. è il distinguere tutte le operazioni che possono essere fatte quando la macchina è in funzione (*External Setup*) da quelle che invece devono essere effettuate necessariamente quando la macchina è ferma (*Internal Setup*).

Nella maggior parte dei casi ciò che comporta lunghi tempi per i setup di tipo tradizionale è la non distinzione di queste attività che vengono compiute indistintamente a macchina ferma.

Il primo *step* per l'implementazione dello S.M.E.D. è dunque quello dell'analisi dettagliata della situazione attuale.

In questa prima fase si devono identificare nel dettaglio tutte le operazioni e attività che incorrono durante l'attrezzaggio, tracciando uno stato della procedura attuale di setup.

L'analisi può essere condotta secondo diverse modalità:

- ❖ *Analisi di produzione continua:*

questo tipo di analisi viene condotta mediante l'utilizzo di un cronometro, utilizzato per tempificare ciascuna operazione. È utile inizialmente compilare un *Data Sheet* contenente la sequenza delle attività attualmente compiute in modo da segnare a fianco di volta in volta le rilevazioni cronometriche.

Questo tipo di analisi è probabilmente la più precisa, anche se richiede una notevole quantità di tempo e buone capacità per essere sviluppata correttamente

- ❖ *Work Sampling Study:*

l'utilizzo degli *work samples* può essere considerato una valida alternativa nel caso in cui le attività svolte siano molto ripetitive. Quando invece le azioni ripetitive sono poche, questo metodo di

analisi perde di significato e la sua precisione ne risulta di molto compromessa

❖ Intervistare gli operatori:

l'esecuzione continua delle operazioni di setup da parte degli operatori li rende i maggiori esperti in tale campo; è frequente infatti che le idee per il miglioramento degli attrezzaggi derivino direttamente da loro. L'intervista con gli operatori in realtà non è un metodo di analisi alternativo, piuttosto è un metodo di tipo integrativo, infatti dovrebbe essere effettuato sempre, a prescindere dal metodo utilizzato, soprattutto per sviluppare un rapporto di tipo collaborativo rendendoli protagonisti dell'attività di miglioramento

❖ Riprese video:

la registrazione dell'intera sequenza di setup diventa uno strumento molto efficace se viene rivista con l'operatore immediatamente a seguito del completamento del setup. Questo permette all'operatore di autovalutarsi e di spiegare il perché di certe operazioni, stimolando la maturazione di idee e intuizioni molto spesso applicabili in loco.

2.4.2 SEPARAZIONE TRA INTERNAL ED EXTERNAL SETUP

In seguito alla definizione di tutte le operazioni necessarie alla procedura di setup, si dovranno riconoscere e distinguere quelle interne da quelle esterne. Già la semplice separazione tra operazioni interne ed esterne potrebbe portare ad una consistente riduzione nel tempo di setup (dal 30% al 50%), assumendo che tutte le operazioni esterne vengano effettuate quando la macchina è ancora in funzione.

Al fine di assicurare ciò, possono essere utilizzate delle procedure per prepararsi adeguatamente al setup successivo.

❖ Checklist:

Scrivere una *checklist* di tutti gli strumenti, parti, parametri necessari all'esecuzione corretta del setup permette all'operatore di effettuare un controllo preventivo della presenza di tutto il necessario e della correttezza di tutti i parametri.

La *checklist* dunque conterrà sia le specifiche degli attrezzi da utilizzare, sia le informazioni necessarie all'operatore per impostare correttamente la macchina come valori numerici, dimensioni e parametri di processo.

L'utilizzo appropriato di questo strumento eviterà molti errori e prove che comporteranno inutili perdite di tempo.

Una variante è la *check table*, una sorta di tavola in cui sono disegnati i profili di tutti gli attrezzi e parti necessarie al setup, cosicché la mancanza di uno di questi sia immediatamente individuata dall'operatore grazie ad un semplice e rapido controllo visivo.

❖ Test per il controllo della funzionalità:

Il fatto che siano presenti e a disposizione tutti gli strumenti e gli attrezzi, non implica che questi siano necessariamente nelle condizioni adeguate per essere utilizzati. Una mancanza nella funzionalità di questi comporterebbe necessariamente un ritardo nelle fasi di setup interne, in quanto solo ad allora ci si renderebbe conto del problema.

Durante le fasi di setup esterne sarà dunque necessario effettuare questo tipo di controlli che generalmente potranno essere eseguiti al termine della sequenza di setup precedente; l'operatore una volta concluso il setup e avviata la macchina dovrà controllare l'integrità e la funzionalità delle parti appena rimosse cosicché potranno essere riposte in condizioni ottimali per il prossimo utilizzo.

❖ Migliorare il trasporto di stampi o altre parti:

Tutte le operazioni di trasporto, che siano effettuate con paranchi, carrelli o che anche prevedano il semplice spostamento dell'operatore stesso, devono essere ottimizzate, poiché possono determinare incrementi notevoli nel tempo di setup, soprattutto quando si tratta di parti pesanti, come gli stampi per le presse. I sistemi di trasporto devono essere attivati prima che la macchina si fermi e devono poter usufruire di uno spazio a bordo macchina in cui appoggiare la parte movimentata, in modo tale che possano essere liberi per movimentare quella che deve essere rimossa.

2.4.3 CONVERTIRE I SETUP INTERNI IN ESTERNI

La conversione di setup interni in setup esterni può essere effettuata seguendo due linee guida principali: la preparazione anticipata delle condizioni operative e la standardizzazione delle funzionalità.

- ❖ Preparare in anticipo le condizioni operative significa mettere in condizione la macchina di lavorare a regime fin dall'inizio; molte volte infatti quando viene effettuato un nuovo setup, prima che la macchina inizi il suo ciclo di lavorazione devono essere compiute delle operazioni, come ad esempio il riscaldamento dello stampo oppure il centraggio dello stesso. Queste operazioni, di norma eseguite durante il fermo macchina e quindi come setup interno, possono essere trasformate in setup esterno, mediante, ad esempio sistemi per il preriscaldamento dello stampo o tavole preparate preventivamente con lo stampo già centrato. Come si può facilmente intuire, questo tipo di interventi possono comportare investimenti per la duplicazione di attrezzature o per la creazione di sistemi *ad hoc* che si adattino perfettamente alle esigenze del processo.

- ❖ Standardizzare le operazioni di setup può offrire numerosi vantaggi, sia per quanto riguarda la velocizzazione del setup stesso, derivante dall'aumento di ripetitività dei *task*, sia per quanto riguarda la riduzione degli errori durante il setup, determinata da una maggiore conoscenza delle attività da parte dell'operatore. Una delle strade che si possono seguire per raggiungere questo obiettivo potrebbe essere quella di standardizzare la taglia e le dimensioni di tutti gli utensili e le parti della macchina (standardizzazione di forma), ma questo si tradurrebbe necessariamente in uno spreco a causa del sovradimensionamento di alcune di queste. Al contrario ciò che si vuole ottenere è una standardizzazione di funzione, ovvero standardizzare tutte quelle parti le cui funzioni sono necessarie dal punto di vista delle operazioni di setup. Per ottenere questo le operazioni devono essere divise nei loro elementi base e devono essere individuate e analizzate le singole funzioni una ad una. Al termine di questa analisi dovranno essere riconosciute le operazioni che potranno e dovranno essere standardizzate e quelle che invece comporteranno necessariamente un cambio. Ovviamente lo scopo finale è quello di cambiare il minor numero di parti possibile dato che il cambio più veloce è un cambio che non viene effettuato.

2.4.4 OTTIMIZZARE TUTTI GLI ASPETTI DELLE OPERAZIONI DI SETUP

Definite le operazioni finali, esterne e interne, che dovranno essere effettuate durante la sequenza di attrezzaggio, si dovrà lavorare sul miglioramento di ciascuna di queste.

Il miglioramento delle attività esterne, come l'ottimizzazione del trasporto di stampi o attrezzature, può offrire dei vantaggi per quanto riguarda la riduzione delle ore uomo impiegate, ma non fornisce un contributo diretto all'obiettivo dello S.M.E.D., che al contrario viene influenzato notevolmente da miglioramenti radicali ottenuti sulle operazioni di setup interne.

La riduzione dei tempi nell'esecuzione delle attività interne può essere ottenuta mediante la parallelizzazione delle attività, l'utilizzo di chiusure funzionali e l'eliminazione delle regolazioni.

❖ La parallelizzazione delle attività:

In molti casi l'attrezzaggio completo di una macchina può comportare sia operazioni svolte di fronte alla macchina sia operazioni svolte sul retro della macchina. Far compiere tutte le operazioni allo stesso operatore comporta una grande perdita di tempo, considerando anche la strada che questo deve percorrere ogniqualvolta debba cambiare lato. Far compiere queste operazioni contemporaneamente a due operatori potrebbe più che dimezzare il tempo necessario, dal momento che sarebbero eliminati anche tutti i tempi morti di spostamento dell'operatore. Al fine di far lavorare gli operatori in sicurezza si dovranno definire dei sistemi di comunicazione che dovranno essere utilizzati dagli operatori per indicare il termine dei loro rispettivi *task*.

Molti managers ritengono che questo tipo di soluzione non sia applicabile a causa di una mancanza di forza lavoro, sia quantitativa che qualitativa. In realtà questo problema non sussiste, o comunque ha un impatto limitato, infatti la semplificazione delle operazioni ottenuta grazie alla tecnica S.M.E.D., oltre a rendere le attività facilmente eseguibili anche da operatori poco esperti e senza particolari conoscenze, comporta una minor quantità di ore-uomo per l'esecuzione dei *task* che, pertanto, potranno essere eseguiti anche da operatori addetti ad altre macchine.

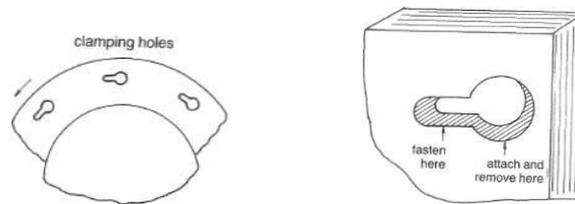
❖ Utilizzo di sistemi di fissaggio funzionali:

Un sistema di fissaggio può essere definito funzionale quando svolge correttamente la sua funzione, quella di mantenere un oggetto in una particolare posizione, con un minimo sforzo. I sistemi di fissaggio

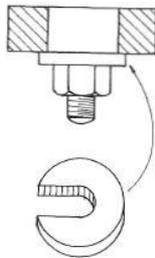
tradizionali, quali viti o bulloni, comportano una significativa perdita di tempo a causa dell'eccessivo numero di "filetti" di cui sono composti; una vite che sia composta di quindici filetti, necessita di essere avvitata quindici volte prima di bloccare la parte, quando in realtà è solo l'ultimo filetto a svolgere la funzione di fissaggio.

Sulla base di questo principio si sono sviluppati diversi sistemi di fissaggio rapido di cui sono riportati in seguito alcuni esempi (Fonte: *A revolution in manufacturing: The SMED System, Shigeo Shingo*).

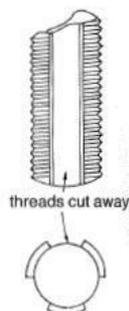
- *Pear-Shaped Hole Method*



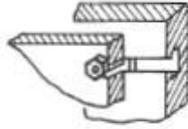
- *U-Shaped Washer Method*



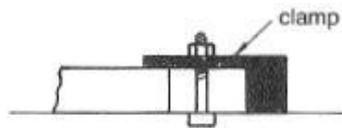
- *Split Thread Method*



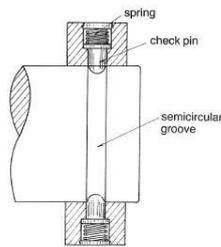
- *U-Slot Method*



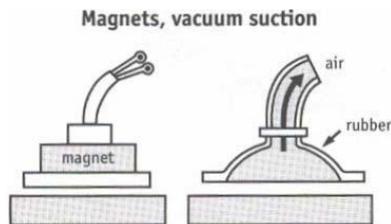
- *Clamp Method*



- *Utilizzo di molle*



- *Sistemi magnetici o con la creazione del vuoto*



❖ Eliminazione delle regolazioni:

Data l'elevata incidenza delle regolazioni e delle lavorazioni di prova sul tempo totale di setup (50% circa), la loro eventuale eliminazione comporterebbe una notevolissima riduzione sul tempo di setup. L'obiettivo dello S.M.E.D. non è però quello di ridurre semplicemente

il tempo dedicato a queste attività, ma di eliminarle completamente tramite il settaggio corretto della macchina al primo tentativo.

Generalmente i settaggi delle macchine vengono effettuati a “intuito” e il tempo del loro completamento può dipendere molto dall’esperienza dell’operatore.

I metodi maggiormente utilizzati per sopperire alla variabilità dei settaggi sono:

- *Creazione di scale graduate:*

queste vengono create affinché la calibrazione della macchina su una particolare misura possa essere replicata da qualsiasi operatore in qualsiasi momento, in modo tale che non sia più legata all’intuito e all’esperienza dell’operatore. La calibrazione ha vista dal momento che ha un’accuratezza non troppo alta (0,5 mm circa) può essere supportata dall’utilizzo di strumenti analogici o digitali, o ancora meglio da apparecchiature a controllo numerico.

- *Utilizzo di piani e linee di riferimento immaginarie:*

questa soluzione viene utilizzata quando le operazioni di setup sono effettuate su una macchina in cui non sono visibili né centri né piani di riferimento, per cui le operazioni di regolazione dovrebbero essere effettuate mediante un processo di prova ed errore.

- *LCM (Least Common Multiple System):*

questo metodo si basa sull’avere a disposizione un numero di meccanismi corrispondenti al minimo comune multiplo delle varie condizioni operative; ciò significa che l’operatore dovrà

compiere solo le funzioni necessarie ad una particolare operazione.

- *Meccanizzazione:*

la meccanizzazione del setup dovrebbe essere presa in considerazione solo quando siano già stati applicati tutti i metodi descritti in precedenza dal momento che, mentre i precedenti sono in grado di ridurre il tempo di setup da alcune ore a qualche minuto, questa può portare ad una riduzione poco significativa (solo qualche minuto) che in relazione al costo dell'intervento potrebbe non essere vantaggiosa.

CAPITOLO 3

IL GRUPPO LAFERT

3.1 PRESENTAZIONE



Fondata nel 1962, *Lafert* è oggi un gruppo che fa della dinamicità e dell'attenzione per i clienti il suo punto di forza.

Il *core business* è la produzione di motori elettrici ideati e sviluppati in relazione alle continue evoluzioni della domanda, a cui Lafert risponde con una grande varietà e adattabilità dei propri prodotti che gli permettono di affrontare il mercato con grande flessibilità ed elasticità.

Il gruppo è organizzato in quattro unità specializzate differenti:



È la casa madre, in cui sono determinate azioni produttive e strategie commerciali.

In questa divisione sono prodotti motori elettrici asincroni e autofrenanti, sia monofase che trifase, per i più svariati utilizzi commerciali e industriali



Questa divisione si occupa della realizzazione di tutti i componenti necessari alla realizzazione dei motori brushless, sia standard che "speciali"



La divisione *LafertDrives* è strettamente collegata a *LafertServo*, in quanto produce i servoazionamenti necessari al controllo dei motori brushless



ICME è entrata a far parte di *LafertGroup* a partire dal 1997; essa si occupa principalmente della realizzazione di motori di piccola e media taglia disegnati in funzione delle specifiche richieste del cliente

3.1.1 MISSION

Il gruppo *Lafert* è impegnato nella sua continua crescita e sviluppo per affermarsi come leader mondiale nella produzione di motori elettrici e azionamenti customizzati, con un'attenzione particolare all'automazione industriale, al risparmio d'energia e alle fonti rinnovabili.

Il suo obiettivo è dunque quello di porsi come partner ideale per l'industria dei motori elettrici e degli azionamenti attraverso una focalizzazione sulle specifiche necessità dei clienti e sul loro raggiungimento.

Alle base di ciò vi è lo sviluppo di relazioni di partnership proficue, rafforzate dai continui miglioramenti apportati ai processi grazie a prodotti e tecniche d'avanguardia impiegate da una forza lavoro competente, motivata e professionale.

3.1.2 LE SCELTE DI LAFERT

Tutte le azioni e decisioni intraprese da *Lafert* hanno come unico obiettivo la soddisfazione del cliente, raggiunta attraverso un prodotto innovativo, personalizzato e di alta qualità.

Il primo passo per ottenere ciò è stato quello di organizzare il sistema produttivo secondo un modello di integrazione verticale, in cui tutte le fasi, dalla progettazione all'assistenza post-vendita, sono completamente internalizzate. Lo scopo è quello di ottenere un vantaggio strategico in termini di innovazione e ricerca, favorendo il flusso informativo e la condivisione del *know-how* aziendale.

La scelta di non esternalizzare la produzione in paesi a basso costo di manodopera è legata alla volontà di non disperdere il proprio *know-how* e al fatto che *Lafert* intende costruire la propria competitività grazie agli altissimi standard di qualità del proprio prodotto piuttosto che all'abbattimento dei costi.

A fronte di questa scelta di integrazione verticale, *Lafert* si avvale di un'estesa rete di vendita che presenta sedi in Germania, Regno Unito, Spagna, Francia, Canada, Australia e Singapore.

3.2 LA GAMMA DI PRODOTTO

Servendo un così ampio numero di mercati e di clienti, la gamma di prodotto offerta da *Lafert* non poteva che essere molto estesa.

Nel grafico sottostante (Fig. 3.1) sono riportate le percentuali relative ai volumi delle varie famiglie che costituiscono il business dell'azienda.

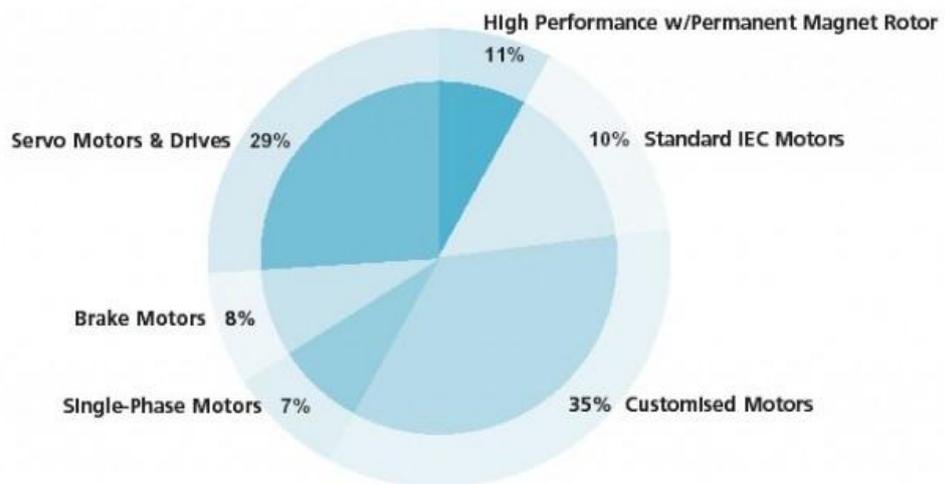


Fig. 3.1 Rappresentazione del rapporto tra i volumi di business del gruppo Lafert

3.2.1 MOTORI ENERGY EFFICIENT

Lo sviluppo di questa gamma di prodotti nasce dalla crescente domanda di motori con alto grado di efficienza e affidabilità; la qualità è garantita grazie alla realizzazione conforme ai più alti standard di efficienza richiesti in Europa, Nord America e Australia.

Questi sono prodotti secondo tre standard di efficienza:

- *Standard Efficiency, IE1*
- *High Efficiency, IE2 / cURus*
- *Premimu Efficiency, IE3 / EISA*

3.2.2 MOTORI CUSTOMIZZATI

Questa gamma di prodotti rappresenta il maggiore volume di business per Lafert. Sono motori asincroni realizzati con potenze fino ai 200kW, con caratteristiche di realizzazione meccaniche o elettriche specifiche per rispondere alle diverse esigenze dei costruttori di macchine.

Questa famiglia si compone di:

- *Motori monofase*
- *Motori autofrenanti*
- *Esecuzioni speciali*

3.2.3 MOTORI HIGH PERFORMANCE

La gamma di motori *High Performance* è costituita da motori asincroni con potenze variabili tra 0,37 e 22 kW a velocità variabile muniti di azionamenti *sensorless*, particolarmente apprezzati nel campo delle energie rinnovabili e del risparmio energetico.

La differenziazione dei motori appartenenti a questa famiglia è costituita dalla possibilità di avere o no l'azionamento integrato.

3.2.4 MOTORI E AZIONAMENTI SERVO

Lafert è una delle poche aziende in Europa in grado di produrre tutti i componenti necessari alla realizzazione di motori brushless.

I motori prodotti si differenziano in servo motori brushless standard con coppie nominali comprese tra 0,3 e 150 Nm e motori ad azionamento diretto con coppie comprese tra 8 e 1000 Nm.

Gli azionamenti prodotti possono essere standard, oppure a batteria, per gli utilizzi più comuni, oppure possono essere realizzati sulle specifiche richieste del cliente sia per quanto riguarda l'*hardware* che il *software*.

3.2.5 MOTORI LIFT

La gamma di motori LIFT è stata studiata appositamente per l'applicazione sugli ascensori di ultima generazione che non prevedono più il "locale macchine".

Questi sono motori sincroni *gearless* a magneti permanenti che possono arrivare a valori di coppia fino a 660 Nm per impianti con portate fino a 1275 Kg.

CAPITOLO 4

LEAN IN LAFERT

4.1 LE NECESSITÀ DI LAFERT

Dal capitolo precedente risulta evidente come *Lafert* intenda avere una posizione competitiva sul mercato grazie alla realizzazione di prodotti che si adattino alle specifiche esigenze di ogni singolo cliente.

Questa strategia competitiva comporta necessariamente lo sviluppo di un'elevatissima flessibilità produttiva, sia in termini di numeri che in termini di specifiche di realizzazione.

È facilmente intuibile come tale flessibilità induca dei costi non indifferenti per l'azienda che devono essere necessariamente tenuti sotto controllo per evitare di avere un margine troppo basso dalla vendita del prodotto. Il modo migliore per ridurre i costi è ovviamente quello di mantenere un'elevata efficienza produttiva.

Come già discusso nel capitolo 2, uno dei fattori principali che può comportare la bassa produttività, e di conseguenza alti costi di realizzazione, è il tempo di fermo macchina; quando una macchina non è operativa infatti, genera dei costi di mancata produzione.

L'ottenimento di flessibilità produttiva determina l'inevitabile aumento dei fermi macchina dovuto al setup a cui la macchina deve essere sottoposta ad ogni cambio codice.

Assunto che l'obiettivo primario dell'azienda è questo, l'unico modo per poterlo raggiungere a costi contenuti e competitivi, è quello di ridurre i tempi di setup, in modo che la loro incidenza sulla produttività sia minima: è proprio da qui che nasce la volontà di *Lafert* di voler attivare un cantiere S.M.E.D. nel reparto che più "soffre" di questo problema, il *meccanico speciale*.

4.2 IL REPARTO MECCANICO SPECIALE

Il reparto *meccanico speciale*, situato presso lo stabilimento di San Donà di Piave (VE) e appartenente alla divisione *LafertMotors*, si occupa della produzione di rotori finiti per motori asincroni “speciali” (non di serie).

L’elevata varietà dei codici prodotti e le dimensioni ridotte dei lotti, lo rendono soggetto a problemi di bassa produttività, e quindi punto di partenza prioritario per l’analisi e l’implementazione delle tecniche S.M.E.D..

4.2.1 COMPOSIZIONE DEL REPARTO E FASI DI LAVORAZIONE

La realizzazione di un rotore finito è effettuata grazie all’assemblaggio di due componenti principali: l’asse e il rotore grezzo.

Il reparto preso in considerazione effettua tutte le lavorazioni necessarie alla realizzazione dell’asse finito, mentre non si occupa della realizzazione del rotore grezzo; per tale motivo il reparto è rifornito di rotori grezzi, i quali, una volta realizzato l’asse, vengono inseriti. A seguito della fase di inserimento sono eseguite altre operazioni prima di poter ottenere il rotore finito.

Come già detto in precedenza, essendo i codici molto diversi tra di loro, non condividono tutte le fasi di lavorazione, qualche codice infatti necessita di un’operazione in più e qualcun’altro di un’operazione in meno.

Nella tabella successiva (Fig. 4.1) sono riportate le macchine costituenti il reparto con la relativa funzione (lavorazione):

MACCHINA	UNITÀ	FUNZIONE
Troncatrice Sinico con caricatore automatico	1	Taglio barra
Troncatrice Sinico	1	Taglio barra

Saldatrice a frizione Trevisan	1	Saldatura assi speciali (2 materiali)
Seghetto alternativo Scortegagna	1	Taglio barra (oltre i 60 mm di diametro)
Fantina Gildmeister 32	1	Taglio barra e tornitura automatica
Fantina Gildmeister 32 - 10	1	Taglio barra e tornitura automatica
Fantina FM "Manurhin"	1	Taglio barra e tornitura automatica
Tornio SAG 202	3	Tornitura barre tagliate
Tornio GT 500	1	Tornitura barre tagliate
Tornio Mori Seiki	1	Tornitura barre tagliate
Tornio Biglia B1200	1	Tornitura barre tagliate
Centro di lavoro FAMUP	1	Esecuzione chiavetta
Rullatrice Magnaghi	1	Godronatura asse lato ventola posteriore
Rullatrice	1	Godronatura asse rotore
Pressa verticale grande	1	Inserimento rotore
Pressa verticale piccola	1	Inserimento rotore / Raddrizzatura assi
Tornio raddrizzatore	1	Raddrizzatura assi
Rettifica Grisetti manuale	5	Rettifica sede cuscinetto posteriore
Rettifica Emmerre CNC	2	Rettifica puleggia e cuscinetto anteriore
Rettifica Morara CNC	1	Rettifica puleggia e cuscinetto anteriore
Rettifica Tacchella CNC	1	Rettifica puleggia e cuscinetto anteriore

Tornio verticale Morando	2	Tornitura rotore (taglie piccole)
Tornio copia Sicme	1	Tornitura rotore
Tornio Graziano	1	Tornitura rotore
Bilanciatrice CEMB	1	Bilanciatura rotorii finiti

Fig. 4.1 Elenco delle macchine con relativa funzione costituenti il reparto meccanico speciale

4.2.2 ANALISI DELLE FAMIGLIE E SEQUENZE DI LAVORAZIONE

I rotorii lavorati nel reparto possono essere divisi a seconda della caratteristica meccanica dei motori elettrici: la grandezza. La grandezza di un motore elettrico è definita come l'altezza dell'asse, espressa in mm, dal piano d'appoggio del motore.

Nello specifico le grandezze dei motori lavorati nel reparto sono nove: 56, 63, 71, 80, 90, 100, 112, 132, 160.

Questo tipo di caratterizzazione è però troppo riduttiva e non si adatta molto bene ad un contesto produttivo, in quanto motori della stessa taglia potrebbero subire processi di lavorazione differenti.

È stato preferito condurre l'analisi delle famiglie di prodotto per aggregazione, in funzione delle similarità nel processo di produzione.

Dallo studio effettuato è stato visto come, al di là della particolare lavorazione effettuata su ogni asse (es: tipo di chiavetta, numero chiavette, lavorazioni speciali, etc.), si potessero individuare delle macrofamiglie di prodotti in relazione alle fasi iniziali di lavorazione: nello specifico, si sono individuate due macrofamiglie a seconda che il taglio e la tornitura dell'asse fossero fatte in un'unica operazione in una delle fantine o tramite due operazioni separate (Fig.4.2).

La differenziazione della prima fase del processo è caratterizzata principalmente dalle differenti taglie dei motori a cui sono associati diametri differenti di barra grezza (16, 18, 22, 24, 26, 27, 30, 35, 36, 40, 45, 50, 53, 60, 62, 65 mm) e materiali (PR80, AISI 416, AISI 420, AISI 431, C40, 39NiCrMo3). Le fantine sono in grado di lavorare diametri fino a 36 mm mentre tutte le barre di dimensioni superiori sono tagliate o con le troncatrici, fino a 45 mm, o con il seghetto alternativo se ancora più grosse. Allo stesso modo i materiali troppo duri, come il 39NiCrMo3, non possono essere lavorati in fantina e devono essere tagliati con l'utilizzo delle troncatrici.

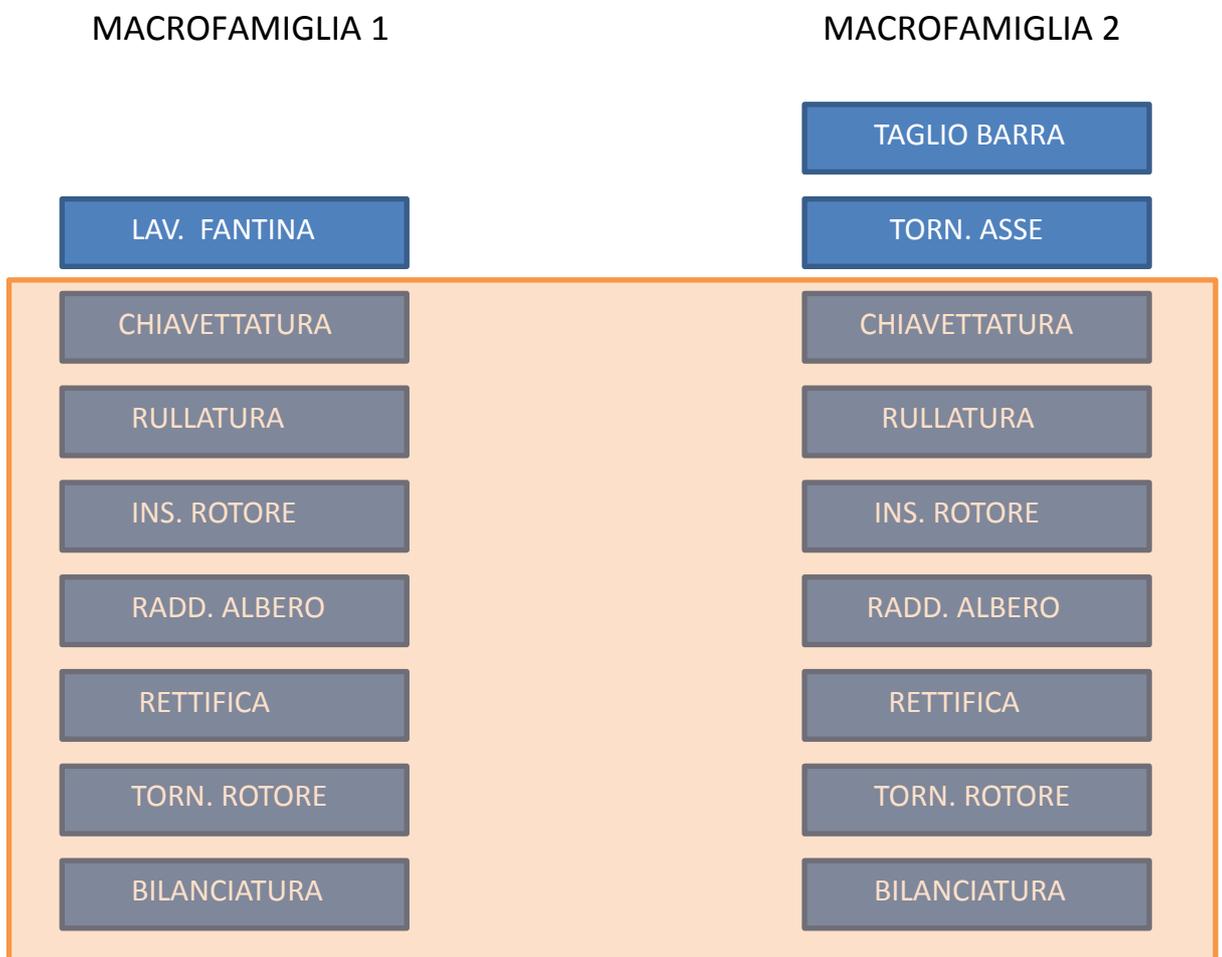


Fig. 4.2 Rappresentazione delle due macrofamiglie secondo la tipologia del processo produttivo

Sebbene questo tipo di caratterizzazione possa sembrare riduttiva a causa delle generalizzazioni e delle approssimazioni effettuate, risulta funzionale allo studio dei flussi all'interno del reparto.

4.2.3 LA MAPPATURE DEL FLUSSO DEL VALORE (VSM)

In relazione alle famiglie appena descritte è stata realizzata la VSM per individuare i colli di bottiglia e le necessità di intervento.

La rilevazione dei dati compiuta in reparto relativamente ai tempi medi di lavorazione e al WIP ha reso subito chiara la necessità di intervento sulla fase di rettifica, la quale sebbene conti su un WIP non eccessivamente alto (878 pezzi) rispetto ad altre fasi (chiavettatura 6866 pezzi, inserimento rotore 4863 pezzi, rullatura, 2936 pezzi), ha un tempo ciclo e un tempo di attrezzaggio molto alti (rispettivamente 4 e 60 minuti circa) che la rendono il collo di bottiglia del processo.

Dal momento che i due flussi hanno un'alta comunanza nelle fasi di lavorazione a seguito della tornitura, si è deciso di mantenere per entrambi il WIP aggregato, dal momento che la coda che si forma per ogni fase di lavorazione è unica.

Nella pagina successiva è riportato un estratto della VSM (Fig. 4.3) che mette in evidenza la parte di processo relativa alla fase di rettifica.

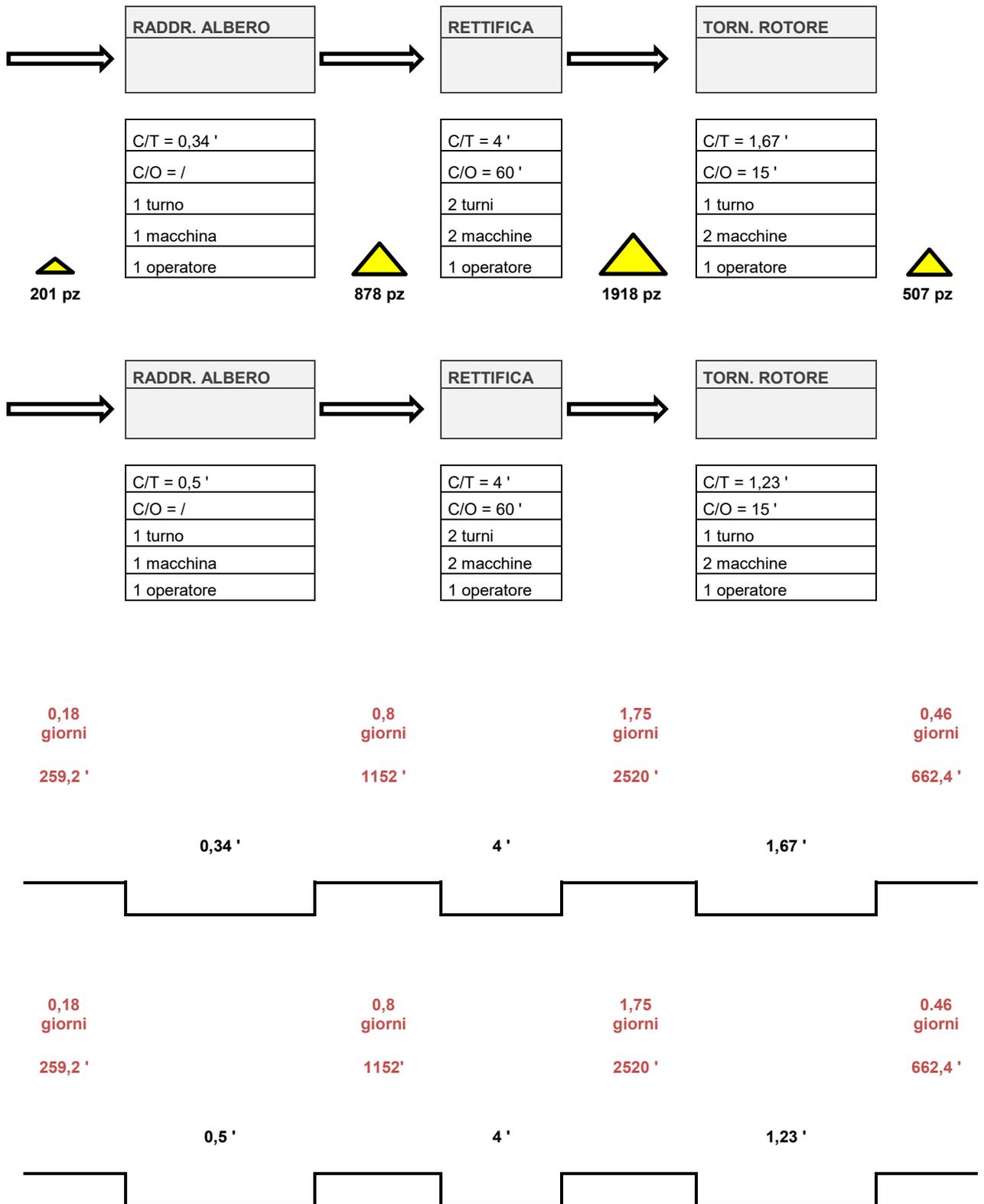


Fig. 4.3 Estratto VSM : i due flussi separati fanno riferimento alle 2 macrofamiglie

4.3 LA FASE DI RETTIFICA

4.3.1 MORFOLOGIA DI UNA MACCHINA PER RETTIFICA ESTERNA CILINDRICA

Le macchine prese in esame all'interno del reparto sono differenti tra loro, ma condividono quelli che sono gli elementi tipici ed essenziali di questa categoria.

A titolo esemplificativo è riportato lo schema della macchina di rettifica Emmerre, in cui sono evidenziati gli elementi caratterizzanti e comuni a tutte le macchine.

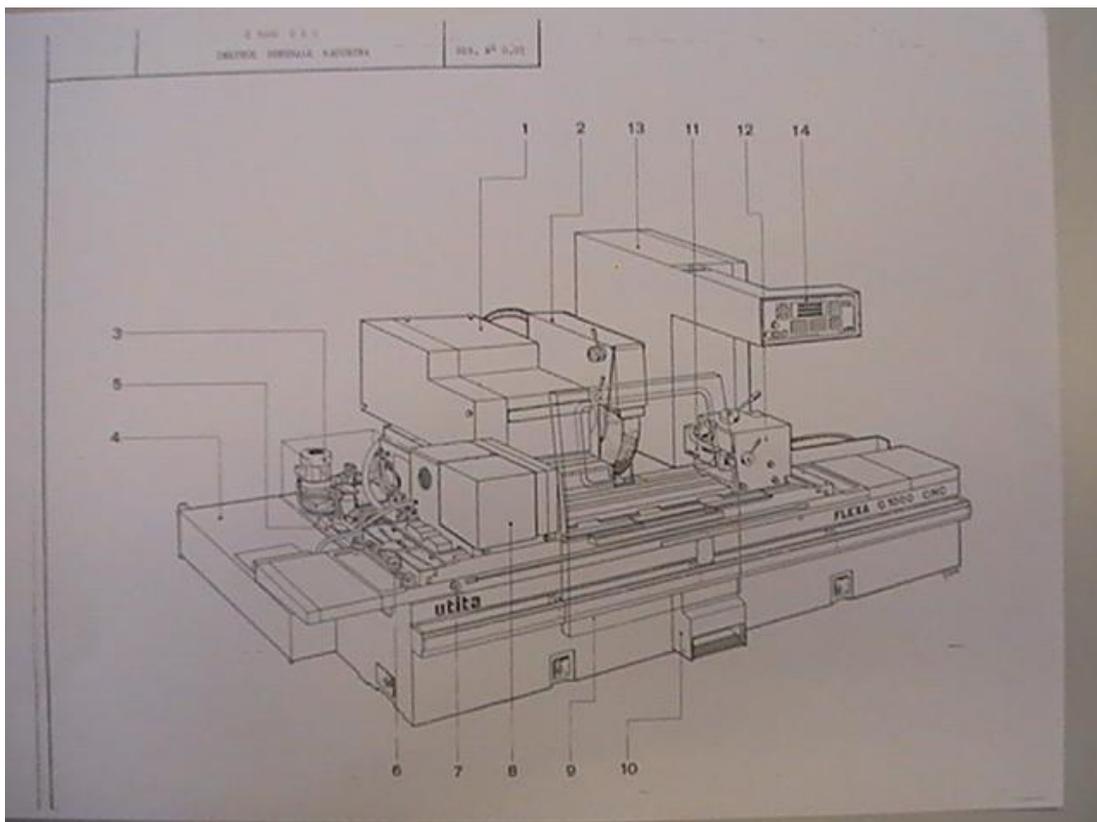


Fig. 4.4 Rappresentazione grafica macchina di rettifica Emmerre

1. Testa porta mola: incorpora il mandrino, il motore per la rotazione della mola e il gruppo di avanzamento

2. Riparo mola: racchiude e protegge la mola e la doccia refrigerante
3. Pompa refrigerante: aspira il liquido necessario alla refrigerazione del pezzo e lo invia dall'interno del riparo mola alla zona di lavoro
4. Vasca liquido refrigerante: vasca comprendente un un impianto a decantazione, filtrazione o filtrazione magnetica da cui viene aspirato il liquido refrigerante
5. Centralina sostentamento idrostatico: comprende il serbatoio, il motore, la pompa a palette, le valvole e i regolatori, concentrando in sole 2 mandate il completo sostentamento della testa porta mola e della tavola dando a questi rigidità e sensibilità di movimento
6. Comparatore: strumento di misura centesimale (scala 0,01 mm) necessario a verificare gli spostamenti della tavola durante la regolazione della conicità
7. Pomello: utilizzato per la regolazione manuale dell'inclinazione angolare della tavola e dunque per la correzione della conicità
8. Testa porta pezzo: comprende un mandrino a punta fissa, sostituibile a seconda delle necessità, e un trascinatore composto di un'astina in metallo che appoggiandosi alla brida posizionata sul pezzo lo mette in rotazione
9. Riparo frontale: scorrevole longitudinalmente lungo il banco, ripara l'operatore durante la lavorazione permettendogli di verificare il corretto funzionamento della macchina tramite uno speciale vetro trattato
10. Pedale: utilizza un comando idraulico per l'apertura della contropunta necessario al carico/scarico pezzo
11. Diamantatore su contropunta: utilizza una punta in diamante per la ravvivatura della mola, effettuata ogni 2-20 pezzi a seconda del materiale dell'asse lavorato e del materiale della mola in uso
12. Contropunta: composta di un "canotto" traslabile sulla tavola a seconda della lunghezza dell'asse da lavorare e di una punta fissa per il supporto del pezzo intercambiabile a seconda delle necessità

13. Armadio elettrico: racchiude tutte le apparecchiature elettriche, gli azionamenti, l'interfaccia e il CNC (solo per macchine CNC)
14. Consolle comandi: incorpora sia i comandi e le funzioni di macchina che quelle del CNC (solo per macchine CNC)

Come si noterà poi dalle foto le macchine sono sensibilmente differenti da questa rappresentazione, anche la stessa *Emmerre*, poiché nel corso degli anni sono state apportate delle modifiche e degli adattamenti che non hanno però modificato le funzioni degli elementi essenziali qui sopra descritti.

In questa rappresentazione la regolazione della conicità viene effettuata mediante la modifica dell'inclinazione angolare della tavola: questo vale per le macchine di rettifica manuali *Grisetti* e per le macchine di rettifica CNC *Emmerre*. Per quanto riguarda la regolazione della conicità sulle altre due macchine di rettifica CNC, *Tacchella* e *Morara*, questa viene effettuata mediante una manopola micrometrica posta sulla contropunta che agisce su un eccentrico posto all'interno della stessa. Questa differenza è determinata dalla differente "carenatura" delle macchine: mentre le *Grisetti* e le *Emmerre* sono "aperte", e dunque è possibile agire direttamente sulla tavola, la *Tacchella* e la *Morara* sono "chiuse", per cui l'inclinazione della tavola non è modificabile direttamente dall'operatore.

Un ultimo elemento, non considerato in figura, ma essenziale al controllo e alla corretta esecuzione della lavorazione è il misuratore: questo strumento è composto essenzialmente di due braccetti che vengono posizionati a contatto con il pezzo in lavorazione e che tramite una misura *in process*, verificano la quantità di sovrametallo asportata e dunque il raggiungimento della quota desiderata.

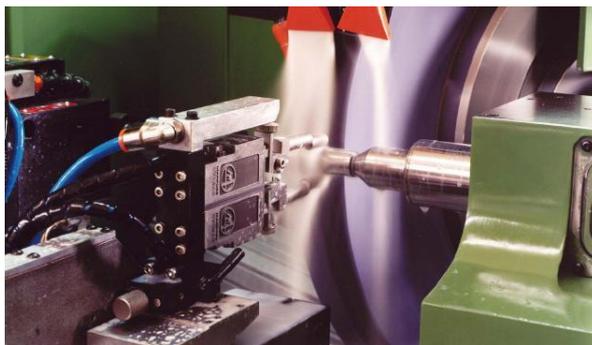


Fig. 4.5 Foto rappresentativa del misuratore (© Copyright 2003 MARPOSS S.p.A. Italy)

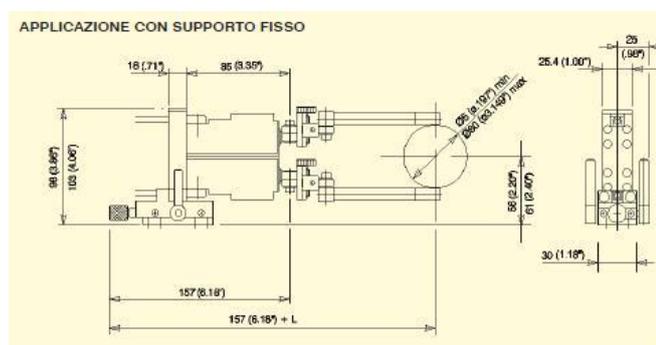


Fig. 4.6 Rappresentazione schematica del misuratore (© Copyright 2003 MARPOSS S.p.A. Italy)

4.3.2 COMPOSIZIONE DELLE ISOLE DI RETTIFICA

La fase di rettifica degli assi viene eseguita in due momenti consecutivi: inizialmente viene eseguita la rettifica della sede del cuscinetto posteriore (lato ventola) e successivamente la rettifica della sede del cuscinetto anteriore e della puleggia mediante una lavorazione multituffo.

La consequenzialità di queste fasi e il fatto che vengano eseguite su due macchine differenti, la prima sulla rettifica manuale e la seconda sulla rettifica CNC, ha portato alla scelta di creare un'isola di rettifica, gestita da un unico operatore, che potesse eseguire entrambe le fasi.

La rettifica degli assi può essere svolta in una delle 5 isole così composte:

- a) Macchina di rettifica *Emmerre* CNC + rettifica *Grisetti* manuale (con paranco per movimentazione di grossi rotori)



Fig. 4.7 Foto macchina CNC Emmerre appartenente all'isola A



Fig. 4.8 Foto del paranco per la movimentazione di rotori di grosse dimensioni



Fig. 4.9 Foto macchina di rettifica manuale Grisetti appartenente all'isola A

b) Macchina di rettifica *Emmerre* CNC + rettifica *Grisetti* manuale



Fig. 4.10 Foto macchina CNC Emmerre appartenente all'isola B



Fig. 4.11 Foto macchina di rettifica manuale Grisetti appartenente all'isola B

c) Macchina di rettifica *Morara* CNC + rettifica *Grisetti* manuale



Fig. 4.12 Foto macchina CNC Morara appartenente all'isola C



Fig. 4.13 Foto macchina di rettifica manuale Grisetti appartenente all'isola C

d) Macchina di rettifica Tacchella CNC + rettifica Grisetti manuale



Fig. 4.14 Foto macchina CNC Tacchella appartenente all'isola D



Fig. 4.15 Foto macchina di rettifica manuale Grisetti appartenente all'isola D

e) Macchina di rettifica Grisetti Manuale

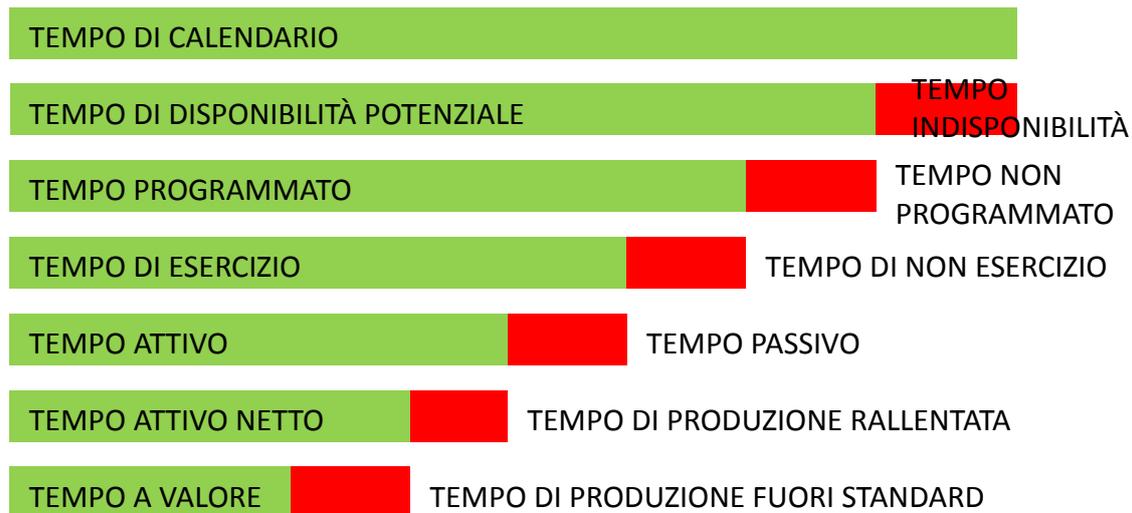
La quinta isola di rettifica, composta solamente da una macchina di rettifica manuale *Grisetti*, non è stata inclusa nello studio e nell'intervento S.M.E.D. in quanto è utilizzata solamente per la produzione di piccoli lotti (5, 10 pezzi), che non rendono conveniente l'attrezzaggio di un'isola comprendente una macchina CNC.

Nella distribuzione del carico di lavoro vengono seguite delle regole che tengono conto delle caratteristiche tecniche delle macchine e di alcune attrezzature a disposizione solo di alcune isole:

- I rotori di taglia maggiore (112, 132, 160) vengono lavorati sull'isola *Emmerre* (b) in quanto munita di paranco per lo spostamento di carichi pesanti, necessario per il carico / scarico macchina
- Gli assi particolarmente lunghi non possono essere lavorati sulle isole *Emmerre* poiché la lunghezza della tavola non ne permette la lavorazione
- Gli assi con lavorazioni coniche particolari sono assegnati all'isola con la macchina di rettifica *Tacchella*, in quanto, essendo più nuova, ha a disposizione degli strumenti di controllo più sofisticati

4.3.3 CALCOLO DELL'OEE TRAMITE I RAPPORTINI DI PRODUZIONE

Per valutare adeguatamente i risultati ottenuti tramite l'intervento S.M.E.D. si è deciso di calcolare l'efficienza del reparto tramite l'utilizzo dell'indice OEE (*Overall Equipment Efficiency*). Tale indice è ottenuto grazie alla combinazione di tre componenti principali : la qualità, la disponibilità e la prestazione.



$$D = \% \text{ DISPONIBILITÀ} = \frac{T. \text{ ATTIVO}}{T. \text{ PROGRAMMATO}} \quad Q = \% \text{ QUALITÀ} = \frac{\# \text{ PEZZI BUONI}}{QT.À \text{ TOTALE}}$$

$$P = \% \text{ PRESTAZIONE} = \frac{T. \text{ ATTIVO NETTO}}{T. \text{ ATTIVO}}$$

$$OEE = D \times P \times Q = \frac{T. \text{ A VALORE}}{T. \text{ PROGRAMMATO}}$$

Fig. 4.16 Rappresentazione dei tempi e delle formule teoriche utilizzate per il calcolo dell'OEE

I dati necessari al calcolo dell'OEE sono stati ottenuti dallo studio dei "rapportini" di produzione, ovvero delle schede compilate dagli operatori a bordo macchina con i dati relativi ai codici lavorati, al tempo impiegato per le lavorazioni e attrezzaggi, e al tempo perso dovuto a rotture, guasti o fermi macchina inaspettati.

Fig. 4.17 Esempio di "rapportino" di produzione utilizzato in Lafert

I dati raccolti sono stati inseriti in una tabella Excel per il calcolo delle varie voci necessarie all'identificazione dell'OEE attuale.

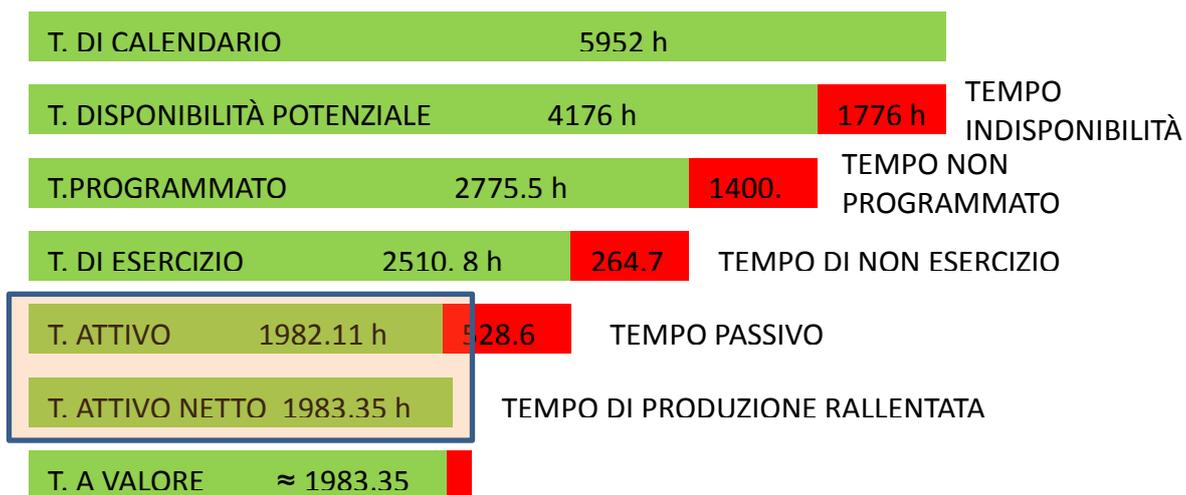
Il periodo preso in esame è stato quello del mese di marzo e di aprile.

	ANALISI EFFICIENZA ISOLE DI RETTIFICA (MECCANICO SPECIALE) PERIODO INDAGATO 28/02/2011 - 30/04/2011	ISOLA EMMERRE 81	ISOLA EMMERRE 82	ISOLA RETT. MORARA	ISOLA RETT. TACCHELLA	TOT.
a1	TEMPO DI CALENDARIO	1488	1488	1488	1488	5952
a	ORE TEORICHE DISPONIBILI SU 2 TURNI / GG (NO SABATO)	688	688	688	688	2752
x	ORE EFFETTIVE LAVORATE	639,75	653	664	658	2614,75
y	TOTALE ORE DI STRAORDINARIO LAVORATE (SABATO)	42	43,75	36	39	160,75
1	PAUSE (PAUSAext = 0,25 h)	1,75	1,82	1,5	1,63	6,70
2	PAUSE, MENSA, ETC...(PAUSA = 0,75 h)	64,5	64,5	64,5	64,5	258
3	SCIOPERI	0	0	0	0	0
b1	TOTALE TEMPO PROGRAMMATO SENZA STRAORDINARIO	639,75	653	664	658	2614,75

b2	TOTALE TEMPO PROGRAMMATO CON STRAORDINARIO	681,75	696,75	700	697	2775,5
b3	TEMPO DI ESERCIZIO	615,5	630,43	634	630,88	2510,80
	INDICE % DI ESERCIZIO CON STRAORDINARIO	45,82	46,82	47,04	46,84	46,63
c	TOTALE TEMPO ATTIVO b3 - g	466,75	476,98	511,17	527,22	1982,11
d	DISPONIBILITÀ % c / b2	0,6846	0,6846	0,7302	0,7564	0,7140
4	PEZZI TOTALI PRODOTTI	7761	17617	12645	8838	46861
5	PEZZI SCARTATI	0	14	1	0	15
e=f	TOTALE TEMPO PRODUZIONE Σ (pz x tempocicloteorico)	526,58	528,56	515,75	412,46	1983,35
q	EFFICIENZA QUALITATIVA % (5 - 6) / 5	1,0000	0,9992	0,9999	1,0000	0,9998
p	PRESTAZIONE f / c %	1,1282	1,1081	1,0090	0,7823	1,0069
OEE	EFFICIENZA GLOBALE % e / b2 = d x p x q	0,7724	0,7580	0,7367	0,5918	0,7147
6	A Guasto meccanico / elettrico / idropneumatico	1,5	0	0	0	1,5
7	B Mancanza di aria compressa o tensione elettrica	0	0	0	0	0
8	C Mancanza di materiale	0	0	0	0	0
9	D Attesa manutenzione	0	0	0	0	0
10	E Attesa istruzioni : capo reparto o controllo qualità	0	0,75	0	0	0,75
11	F Pulizia macchina / posto di lavoro	12	19,08	10,58	2	43,66
12	G Manutenzione ordinaria	0	0,67	0	0	0,67
13	H Ripristino lubrificante	0,25	0,45	0	0	0,7
14	I Movimentazione	0	0	0	0	0
15	K Assemblea	0	1	2	0	3
16	LVarie / altro (da specificare nelle note) (compreso rip.assi)	2,5	3	1	5,83	12,33

17	M Ricerca o prelievo materiale : magazzino / tunnel / ecc.	0	0	0	0	0
18	N Ricerca magazziniere	0	0	0	0	0
19	O Ricerca carrelli o carrello elevatore	0	0	0	0	0
20	P Carico nuovi programmi (da inserire sulla colonna attrezzaggio)	0	0	0	0	0
21	Q Rottura / usura utensili / mola	0	0	2,17	0,66	2,83
22	R Errore di lavorazione con sostituzione del pezzo in rettifica, tornitura, ecc.	0	0	0	0	0
23	S Collisione dovuta all' errato programma in macchina	1	0	0	0	1
24	Attrezzaggio Ordinario	131,5	128,5	107,08	95,17	462,25
g	TEMPO PASSIVO (TOTALI PERDITE)	148,75	153,45	122,83	103,66	528,69
h	ORE FERMO NON GIUSTIFICATE c - f	-59,83	-51,58	-4,58	114,76	-1,24
i	FERMO % NON GIUSTIFICATO	-12,82	-10,81	-0,90	21,77	-0,69

Fig. 4.18 Tabella comprendente tutte le voci con i relativi dati usati per il calcolo dell'OEE



D = % DISPONIBILITÀ = 71,41

Q = % QUALITÀ ≈ 100

P = % PRESTAZIONE > 100 %

Fig. 4.19 Grafico riassuntivo degli indici calcolati per l'OEE

Come si può facilmente notare vi è un'anomalia nel calcolo della prestazione che risulta essere superiore al 100%. Tale anomalia è stata determinata dalla mancanza di dati certi sui tempi ciclo teorici della lavorazione degli assi, in quanto alcuni non sono più stati aggiornati dal 2008 e quelli dei codici successivi non sono mai stati raccolti e definiti.

Data l'impossibilità nell'utilizzare l'indice OEE complessivo a causa di questa anomalia e dato che l'indice di qualità è stato calcolato pari al 100%, si è deciso di tenere in considerazione solo il dato relativo alla disponibilità, sufficiente a identificare i miglioramenti ottenuti a seguito dell'intervento S.M.E.D.

Per meglio comprendere quale sia l'importanza e l'elevata incidenza dei setup in questo reparto è stata creata una tabella riassuntiva comprendente alcuni dati significativi per ciascuna isola.

	ISOLA EMMERRE 81 (A)	ISOLA EMMERRE 82 (B)	ISOLA RETT. MORARA (C)	ISOLA RETT. TACHELLA (D)
# SETUP MEDI / GIORNO	4,917	2,083	3	2,5
# SETUP	118	50	69	60
DURATA MEDIA SETUP IN MINUTI	44,84	71,78	35,01	57,54

Fig. 4.20 Tabella riassuntiva comprendente i dati più significativi dei setup per ogni isola

CAPITOLO 5

STEP 1:

IED E OED

INDIFFERENZIATI

5.1 ANALISI DELLE OPERAZIONI DI SETUP

Il metodo scelto per lo studio delle operazioni di setup è stato quello del rilevamento cronometrico diretto di ogni singola attività.

Dal momento che la procedura di setup non è standard e che l'ordine con cui sono svolte le singole operazioni varia da operatore a operatore, prima del rilevamento cronometrico è stato necessario eseguire diverse osservazioni al fine di creare un *data sheet* contenente tutte le operazioni in modo che potesse essere compilato successivamente con i tempi rilevati.

La diversità delle macchine che compongono le isole, eccezion fatta per la macchina di rettifica manuale *Grisetti*, comune a tutte, ha portato alla creazione di quattro *data sheet* differenti:

- Rettifica manuale *Grisetti*
- Rettifica CNC *Emmerre*
- Rettifica CNC *Tacchella*
- Rettifica CNC *Morara*

Nei paragrafi successivi sono riportati i *data sheet* con le operazioni e le rilevazioni tempi effettuate, quattro per ogni macchina.

5.1.1 Data Sheet rettifica manuale *Grisetti*

# OP.	DESCRIZIONE	TIPO	T1	T2	T3	T4	MEDIA
10	ricerca carrello con assi da rettificare	I	1667			2657	2162
20	allontanamento mola	I	295	280	270	299	286
30	rimozione paratia anteriore	I	201	198	157	234	197,5
40	chiave per allentamento bulloni contropunta	I	322				322

50	allentamento bulloni contropunta	I	156	553	335	268	328
60	allentamento bullone misuratore	I	95	125	135	157	128
70	pulizia e lubrificazione slitta	I	1123	902	1045	857	981,75
80	ricerca punta/contropunta	I	596	493	452		513,67
90	cambio punta/contropunta	I	361	151	341		284,33
100	allineamento contropunta tramite asse campione	I	202	378	401	101	270,5
110	serraggio bulloni contropunta	I	190	437	235	155	254,25
120	allineamento misuratore	I	420	233	333	459	361,25
130	serraggio bullone misuratore	I	287	127	123	1249	446,5
140	deposizione chiave per serraggio bulloni	I	156	133	165	188	160,5
150	sostituzione trascinatore	I	1111	523	767		800,33
160	avvicinamento mola	I	277	298	302	288	291,25
170	regolazione e montaggio brida sul pezzo	I	972	434	555	584	636,25
180	regolazione escursione contropunta	I	720			242	481
190	montaggio paratia anteriore	I	134	111	103	235	145,75
200	diamantatura mola	I	3067	2500	2777	4373	3179,3
210	ricerca blocchetto pianparallelo per taratura strumenti di misurazione	I	272	1066	456		598
220	taratura sistemi di misurazione con blocchetto pianparallelo	I	352	381	377	578	422
230	lavorazione pezzo campione	I	1099	1125	1234	1137	1148,8
240	controllo conicità	I	450	479	435	313	419,25
250	controllo distanza cuscinetto-scarico	I		373	346		359,5
260	azione sul comparatore e sul pomello per eliminare la conicità	I	252	179	234	206	217,75

270	lavorazione pezzo campione	I	1147	1221	1156	1259	1195,8
280	controllo conicità	I	379	398	456	422	413,75
290	azione sul comparatore e sul pomello per eliminare la conicità	I	256	211	199	290	239
300	lavorazione pezzo campione	I	1132	1199			1165,5
310	controllo conicità	I	433	444			438,5
320	azione sul comparatore e sul pomello per eliminare la conicità	I	249	224			236,5
		TOT	18373	15176	13389	16551	15872

Fig. 5.1 Data Sheet attrezzaggio macchina di rettifica manuale Grisetti

Come si può leggere dalla tabella (Fig. 5.1), non tutte le operazioni vengono svolte ad ogni setup.

- La ricerca del carrello con il lotto successivo di assi da lavorare si rende necessaria quando questo non sia già stato portato nei pressi della macchina precedentemente.
- La chiave dinamometrica necessaria ad allentare e a serrare i bulloni sulla contropunta o sul misuratore è condivisa da due isole, quindi in qualche caso l'operatore è costretto a recarsi presso l'altra isola per recuperarla.
- Il cambio delle punte, quella sul porta pezzo e quella sulla contropunta, viene effettuato solo quando i fori sugli assi di due lotti successivi sono differenti.
- La sostituzione del trascinatori è in funzione del pezzo che viene lavorato, per alcuni sono necessari trascinatori (astine) più lunghi, per altri più corti.

- Il numero di lavorazioni di prova necessari al corretto settaggio della conicità è variabile, e dipende dal pezzo (materiale, lunghezza, spessore). Queste operazioni di aggiustaggio sono quelle che determinano la maggior perdita di tempo e variano molto in funzione dell'esperienza dell'operatore (il problema della regolazione della conicità sarà discusso nel dettaglio nel capitolo 8).

5.1.2 Data Sheet rettifica CNC Emmerre

# OP.	DESCRIZIONE	TIP O	T1	T2	T3	T4	MEDIA
10	ricerca asse campione	I	205	3267	955	13927	4588,5
20	rimozione paratie anteriori di protezione sx e dx	I	406	316	273	337	333
30	allentamento bullone misuratore	I	79	89	73	82	80,75
40	ricerca chiave per allentamento bulloni contropunta	I	208	203	360	242	253,25
50	allentamento bulloni contropunta	I	216	176	260	280	233
60	ricerca punta/contropunta	I	258				258
70	cambio punta/contropunta	I	266				266
80	pulizia e lubrificazione slitta	I	1388	1042	2157	1610	1549,25
90	utilizzo asse campione per allineamento contropunta	I	249	248	322	681	375
100	serraggio bulloni contropunta	I	249	243	503	404	349,75
110	regolazione contropunta	I			763	1054	908,5
120	allineamento misuratore	I	194	432	679	406	427,75
130	serraggio bulloni misuratore	I	187	150	190	289	204
140	deposizione chiave per serraggio bulloni	I			188		188

150	sostituzione trascinatore	I	583	577	1599	770	882,25
160	settaggio origine diamante	I	5291	3778	2424	2534	3506,75
170	settaggio origine pezzo	I	5192	2390	2525	3684	3447,75
180	taratura misuratore con asse campione e azzeramento elettronico	I	2443	2924	1783	7231	3595,25
190	scelta programma (Disegno nel database macchina)	I	2612	912	4121	5111	3189
200	correzione misuratore	I			3721	612	2166,5
210	montaggio paratie di protezione sx e dx	I	510	263	522	247	385,5
220	prova 0 diamante	I	2483	2065	2111	2023	2170,5
230	regolazione e montaggio brida sul pezzo	I	881	1272	769	1362	1071
240	ricerca blocchetto pianparallelo per taratura strumenti di misurazione	I		729		426	577,5
250	diamantatura mola	I	1706	1128	1601	982	1354,25
260	lavorazione pezzo campione	I	3342	2695	4192	2893	3280,5
270	taratura sistemi di misurazione con blocchetto pianparallelo	I	472	152	2125	785	883,5
280	controllo conicità	I	964	1165	1056	987	1043
290	azione sul comparatore e sul pomello per eliminare la conicità	I	490	340	410	668	477
300	controllo distanza cuscinetto - scarico	I	422	391		625	479,3333 33
310	lavorazione pezzo campione	I	3234	2723	4188	2899	3261
320	controllo conicità	I	999	987	1134	977	1024,25
330	azione sul comparatore e sul pomello per eliminare la conicità	I	392	400	567	421	445
340	lavorazione pezzo campione	I	3356	2699	4203	2904	3290,5
350	controllo conicità	I	896	1345	976	1104	1080,25

360	azione sul comparatore e sul pomello per eliminare la conicità	I	445	478	398	542	465,75
370	lavorazione pezzo campione	I		2654		2867	2760,5
380	controllo conicità	I		1123		882	1002,5
390	azione sul comparatore e sul pomello per eliminare la conicità	I		411		423	417
400	lavorazione pezzo campione	I		2764		2925	2844,5
410	controllo conicità	I		1193		931	1062
420	azione sul comparatore e sul pomello per eliminare la conicità	I		399		532	465,5
430	correzione tolleranze sul programma	I	330	724	1890	1355	1074,75
	TO T		40948	44847	49038	69014	50961,75

Fig. 5.2 Data Sheet attrezzaggio macchina di rettifica CNC Emmerre

Le operazioni di setup eseguite su questa macchina sono leggermente differenti rispetto a quelle eseguite sulla macchina manuale.

- Le operazioni supplementari eseguite per l'attrezzaggio di queste macchine riguardando esclusivamente la programmazione del CNC, tant'è, che quando la lavorazione da effettuare è particolarmente semplice (tuffo singolo anziché multituffo), le lavorazioni vengono effettuate tutte sulla macchina di rettifica manuale *Grisetti* poiché più rapida da attrezzare.
- La taratura e l'azzeramento elettronico del misuratore richiedono l'utilizzo di un asse campione già rettificato che viene ricercato dagli operatori in uno scaffale posto dietro le macchine (questo scaffale è utilizzato solo dalle due isole di rettifica *Emmerre*).

5.1.3 Data Sheet rettifica CNC Tacchella

# OP.	DESCRIZIONE	TIPO	T1	T2	T3	T4	MEDIA
10	Rimozione coprislitta	I	332	447	388	402	392,25
20	pulizia slitta (pre-spostamento contropunta)	I	834	428	456	678	599
30	scelta programma (Disegno nel database macchina)	I	686	651	873	2626	1209
40	verifica/impostazione quote	I	308	284	477	6324	1848,3
50	allentamento bulloni contropunta e misuratore	I	299	255	272	345	292,75
60	pulizia e lubrificazione slitta	I	1006	517	612	1603	934,5
70	ricerca punta/contropunta	I		702	577		639,5
80	cambio punta/contropunta	I		633	438		535,5
90	regolazione e montaggio brida sul pezzo	I		2514			2514
100	allineamento contropunta	I	208	221	210	213	213
110	serraggio bulloni contropunta	I	221	395	333	283	308
120	allineamento misuratore	I	199	735	110	322	341,5
130	serraggio bullone misuratore	I	202	123	65	124	128,5
140	ricerca asse campione	I	1522	1977	1152	815	1366,5
150	taratura misuratore con asse campione e azzeramento elettronico	I	2795	2065	1857	2029	2186,5
160	settaggio origine pezzo	I	2200	4386	2450	1663	2674,8
170	settaggio origine cono	I	1685				1685
180	settaggio origine diamante	I			2822		2822
190	taratura strumenti di misurazione con blocchetto pianparallelo	I	445	1363	1235	639	920,5

200	deposizione asse campione	I	386	288	314	333	330,25
210	montaggio piastre coprislitta	I	473	276	271	514	383,5
220	sostituzione trascinatore	I		988	687	330	668,33
230	diamantatura	I	1562	748	1715	1444	1367,3
240	lavorazione pezzo campione	I	2981	3289	2970	2362	2900,5
250	controllo conicità	I	202	1780	287	292	640,25
260	regolazione conicità su contropunta	I	104	119	71	75	92,25
270	regolazione escursione contropunta	I	489				489
280	lavorazione pezzo campione	I	1714	3417	1741	2073	2236,3
290	controllo distanza cuscinetto-scarico	I		235			235
300	diamantatura	I	1251				1251
310	controllo conicità	I	427	488	242	382	384,75
320	controllo cono	I	602				602
330	regolazione conicità su contropunta	I	233	122	39	88	120,5
340	correzione quote di lavorazione	I	284	306	587	687	466
350	lavorazione pezzo	I	1757	1284	1448	1775	1566
360	controllo conicità	I	257	367	383	520	381,75
370	controllo cono	I	339				339
380	impostazione quote di lavorazione finali	I	319	337	242	335	308,25
390	lavorazione pezzo	I	1818		1397		1607,5
400	controllo conicità	I	211		280		245,5
410	controllo cono	I	201				201

420	controllo tolleranza cono (macchina per il controllo di misura con tastatore)	I	9415				9415
		TOT	37967	31740	27001	29276	31496

Fig. 5.3 Data Sheet attrezzaggio macchina di rettifica CNC Tacchella

Questa macchina di rettifica ha delle particolarità che la rendono differente dalle precedenti:

- La tavola di lavorazione è più lunga delle altre macchine, perciò è adatta a lavorare assi molto lunghi (1 metro), che non sarebbe possibile lavorare sulle altre macchine
- Questa caratteristica è stata sfruttata per ridurre i settaggi dell'origine del diamante: su tutte le macchine, eccetto questa, il diamante è solidale alla contropunta, così, quando questa viene spostata per lavorare assi di lunghezza diversa, è necessario effettuare nuovamente la procedura di settaggio dell'origine del diamante. In questo caso invece, è stato possibile costruire un supporto fisso per il diamante sulla tavola, in modo tale che, anche muovendo la contropunta, l'origine del diamante resti sempre la stessa. Questo supporto viene spostato solo quando, a causa dell'eccessiva lunghezza degli assi è necessario sfruttare tutta la lunghezza della tavola per posizionare la contropunta.
- Essendo la macchina più moderna, è possibile impostare i parametri per lavorazioni coniche più rapidamente rispetto alle altre, perciò gli assi di questo tipo vengono tutti lavorati su questa macchina
- Per controllare adeguatamente le tolleranze sul "cono", viene utilizzata una macchina di misurazione 3D che utilizza un tastatore a contatto
- La regolazione della conicità viene effettuata mediante l'azione su una manopola micrometrica che agisce su un eccentrico posto all'interno della contropunta

5.1.4 Data Sheet rettifica CNC Morara

# OP.	DESCRIZIONE	TIPO	T1	T2	T3	T4	MEDIA
10	scelta programma (Disegno nel database macchina)	I	458	1014	1543	589	901
20	verifica della correttezza delle quote pre-esistenti	I	634	424	555	603	554
30	controllo dimensioni pezzo	I	810			548	679
40	impostazione tolleranza di lavorazione	I	714	665	788	964	782,75
50	allentamento bullone misuratore	I	220	325	232	296	268,25
60	sostituzione brida pneumatica	I	2523	2995	3145	2888	2887,75
70	pulizia viti brida pneumatica	I	1178	987	889	1348	1100,5
80	ricerca chiave per allentamento bulloni	I	1006			765	885,5
90	allentamento bulloni contropunta	I	220	312	333	246	277,75
100	pulizia e lubrificazione slitta	I	943	538	897	1111	872,25
110	allineamento contropunta	I	135	408	324	223	272,5
120	serraggio bulloni contropunta	I	194	131	188	155	167
130	settaggio origine diamante	I	1359	1677	1875	1432	1585,75
140	settaggio origine pezzo	I	656	1028	999	881	891
150	misurazione diametro attuale del pezzo per correzione misuratore	I	271			234	252,5
160	allineamento misuratore	I	303	642	671	276	473
170	serraggio bullone misuratore	I	208	337	192	234	242,75
180	taratura e azzeramento elettronico misuratore	I	886	2288	1123	2256	1638,25
190	impostazione del ciclo di diamantatura della mola	I	765		678		721,5

200	diamantatura mola	I	2475	1030	1237	711	1363,25
210	lavorazione pezzo	I	3652	3673	2980	3123	3357
220	controllo della conicità	I	3157	940	776	1567	1610
230	regolazione conicità	I		123	145	111	126,333
240	correzione tolleranze	I	667	483	554	448	538
250	diamantatura mola	I		852	1165	763	926,667
260	lavorazione pezzo	I		3052	2901	3100	3017,67
270	controllo della conicità	I		888	819	1213	973,333
280	regolazione conicità	I		144	99	211	151,333
290	diamantatura mola	I		865	966	723	851,333
300	lavorazione pezzo	I		3067	3001	3155	3074,33
310	controllo della conicità	I		901		977	939
320	regolazione conicità	I		102		108	105
330	diamantatura mola	I		847		772	809,5
340	lavorazione pezzo	I		3010		3149	3079,5
350	controllo della conicità	I		789			789
360	regolazione conicità	I		110			110
370	diamantatura mola	I		850			850
380	lavorazione pezzo	I		3033			3033
		TOT	23434	38530	29075	35180	31554,8

Fig. 5.4 Data Sheet attrezzaggio macchina di rettifica CNC Morara

La macchina di rettifica CNC *Morara* è stata dotata di una brida pneumatica per la rotazione dell'asse; ciò significa che sul mandrino non sarà installato un trascinatore (astina) che entrando in contatto con la brida montata sul pezzo lo metterà in rotazione, bensì il pezzo sarà "bloccato" mediante delle pinze pneumatiche. Questa modifica è stata introdotta successivamente in vista di una possibile robotizzazione della stazione, che per il carico/scarico del pezzo, necessita di questo particolare sistema.



Fig. 5.5 Differenza nel sistema di sostegno e rotazione del rotore durante la fase di lavorazione: a sinistra quello con brida pneumatica della macchina Morara e a destra quello a doppia punta della macchina Emmerre

Come si può notare in questo *data sheet* non compaiono le operazioni di taratura degli strumenti con i blocchetti pianparalleli; questo perchè in quest'isola vengono lavorati per lo più assi i cui cuscinetti posteriore e anteriore hanno lo stesso diametro, quindi per il controllo della misura sono utilizzati gli stessi strumenti tarati precedentemente durante l'attrezzaggio della macchina di rettifica manuale *Grisetti*.

CAPITOLO 6

STEP 2:

DISTINZIONE TRA IED E OED

6.1 ANALISI DELLE ATTIVITÀ INTERNE ED ESTERNE

Il primo vero passo nell'ottimizzazione delle operazioni di setup è quello di riconoscere e distinguere i setup interni (IED, *Inside Exchange of Die*) dai setup esterni (OED, *Outside Exchange of Die*). Nei *data sheet* del capitolo precedente tutte le operazioni sono state presentate come IED poiché tutte sono svolte a macchina ferma; ovviamente tra queste ve ne sono alcune che possono essere eseguite mentre la macchina è ancora in funzione (OED).

Di seguito sono riportati i *data sheet* precedenti dove sono messe in evidenza le attività che in realtà potrebbero essere svolte a macchina in funzione.

Per ogni *data sheet* è rappresentato un grafico per rendere visibile la proporzione tra IED e OED in modo tale che si possa avere un'idea di quale sia il peso attuale delle attività OED sull'intero setup.

6.1.1 Data Sheet rettifica manuale Grisetti

# OP.	DESCRIZIONE	TIPO	T1	T2	T3	T4	MEDIA
10	ricerca carrello con assi da rettificare	E	1667			2657	2162
20	allontanamento mola	I	295	280	270	299	286
30	rimozione paratia anteriore	I	201	198	157	234	197,5
40	ricerca chiave per allentamento bulloni contropunta	E	322				322
50	allentamento bulloni contropunta	I	156	553	335	268	328
60	allentamento bullone misuratore	I	95	125	135	157	128
70	pulizia e lubrificazione slitta	I	1123	902	1045	857	981,75
80	ricerca punta/contropunta	E	596	493	452		513,67
90	cambio punta/contropunta	I	361	151	341		284,33

100	allineamento contropunta tramite asse campione	I	202	378	401	101	270,5
110	serraggio bulloni contropunta	I	190	437	235	155	254,25
120	allineamento misuratore	I	420	233	333	459	361,25
130	serraggio bullone misuratore	I	287	127	123	1249	446,5
140	deposizione chiave per fissaggio bulloni	E	156	133	165	188	160,5
150	sostituzione trascinatore	I	1111	523	767		800,33
160	avvicinamento mola	I	277	298	302	288	291,25
170	regolazione e montaggio brida sul pezzo	E	972	434	555	584	636,25
180	regolazione escursione contropunta	I	720			242	481
190	montaggio paratia anteriore	I	134	111	103	235	145,75
200	diamantatura mola	I	3067	2500	2777	4373	3179,25
210	ricerca blocchetto pianparallelo per taratura strumenti di misurazione	E	272	1066	456		598
220	taratura sistemi di misurazione con blocchetto pianparallelo	E	352	381	377	578	422
230	lavorazione pezzo campione	I	1099	1125	1234	1137	1148,75
240	controllo conicità	I	450	479	435	313	419,25
250	controllo distanza cuscinetto-scarico	I		373	346		359,5
260	azione sul comparatore e sul pomello per eliminare la conicità	I	252	179	234	206	217,75
270	lavorazione pezzo campione	I	1147	1221	1156	1259	1195,75
280	controllo conicità	I	379	398	456	422	413,75
290	azione sul comparatore e sul pomello per eliminare la conicità	I	256	211	199	290	239
300	lavorazione pezzo campione	I	1132	1199			1165,5
310	controllo conicità	I	433	444			438,5

320	azione sul comparatore e sul pomello per eliminare la conicità	I	249	224			236,5
	TOT	18373	15176	13389	16551	15872,25	
	E	4337	2507	2005	4007	3214	
	I	14036	12669	11384	12544	12658,25	

Fig. 6.1 Data sheet macchina di rettifica manuale Grisetti con identificazione OED

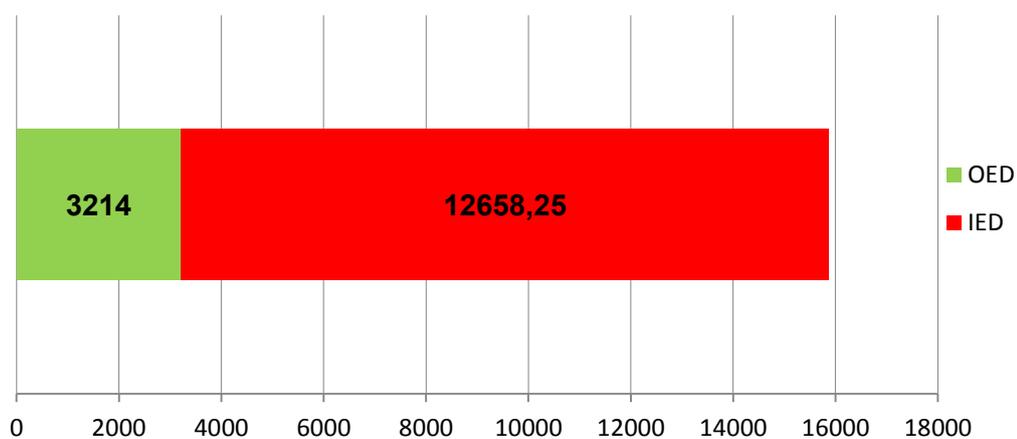


Fig. 6.2 Grafico rappresentativo del data sheet della macchina di rettifica manuale Grisetti

6.1.2 Data Sheet rettifica CNC Emmerre

# OP.	DESCRIZIONE	TIPO	T1	T2	T3	T4	MEDIA
10	ricerca asse campione	E	205	3267	955	13927	4588,5
20	rimozione paratie anteriori di protezione sx e dx	I	406	316	273	337	333
30	allentamento bullone misuratore	I	79	89	73	82	80,75
40	ricerca chiave per allentamento bulloni contropunta	E	208	203	360	242	253,25
50	allentamento bulloni contropunta	I	216	176	260	280	233

60	ricerca punta/contropunta	E	258				258
70	cambio punta/contropunta	I	266				266
80	pulizia e lubrificazione slitta	I	1388	1042	2157	1610	1549,25
90	utilizzo asse campione per allineamento contropunta	I	249	248	322	681	375
100	serraggio bulloni contropunta	I	249	243	503	404	349,75
110	regolazione contropunta	I			763	1054	908,5
120	allineamento misuratore	I	194	432	679	406	427,75
130	serraggio bulloni misuratore	I	187	150	190	289	204
140	deposizione chiave per serraggio bulloni	E			188		188
150	sostituzione trascinatore	I	583	577	1599	770	882,25
160	settaggio origine diamante	I	5291	3778	2424	2534	3506,75
170	settaggio origine pezzo	I	5192	2390	2525	3684	3447,75
180	taratura misuratore con asse campione e azzeramento elettronico	I	2443	2924	1783	7231	3595,25
190	scelta programma (Disegno nel database macchina)	I	2612	912	4121	5111	3189
200	correzione misuratore	I			3721	612	2166,5
210	montaggio paratie di protezione sx e dx	I	510	263	522	247	385,5
220	prova 0 diamante	I	2483	2065	2111	2023	2170,5
230	regolazione e montaggio brida sul pezzo	E	881	1272	769	1362	1071
240	ricerca blocchetto pianparallelo per taratura strumenti di misurazione	E		729		426	577,5
250	diamantatura mola	I	1706	1128	1601	982	1354,25
260	lavorazione pezzo campione	I	3342	2695	4192	2893	3280,5
270	taratura sistemi di misurazione con blocchetto pianparallelo	E	472	152	2125	785	883,5

280	controllo conicità	I	964	1165	1056	987	1043
290	azione sul comparatore e sul pomello per eliminare la conicità	I	490	340	410	668	477
300	controllo distanza cuscinetto - scarico	I	422	391		625	479,333
310	lavorazione pezzo campione	I	3234	2723	4188	2899	3261
320	controllo conicità	I	999	987	1134	977	1024,25
330	azione sul comparatore e sul pomello per eliminare la conicità	I	392	400	567	421	445
340	lavorazione pezzo campione	I	3356	2699	4203	2904	3290,5
350	controllo conicità	I	896	1345	976	1104	1080,25
360	azione sul comparatore e sul pomello per eliminare la conicità	I	445	478	398	542	465,75
370	lavorazione pezzo campione	I		2654		2867	2760,5
380	controllo conicità	I		1123		882	1002,5
390	azione sul comparatore e sul pomello per eliminare la conicità	I		411		423	417
400	lavorazione pezzo campione	I		2764		2925	2844,5
410	controllo conicità	I		1193		931	1062
420	azione sul comparatore e sul pomello per eliminare la conicità	I		399		532	465,5
430	correzione tolleranze sul programma	I	330	724	1890	1355	1074,75
		TOT	40948	44847	49038	69014	50961,8
		E	2024	5623	4397	16742	7196,5
		I	38924	39224	44641	52272	43765,3

Fig. 6.3 Data sheet macchina di rettifica CNC Emmerre con identificazione OED

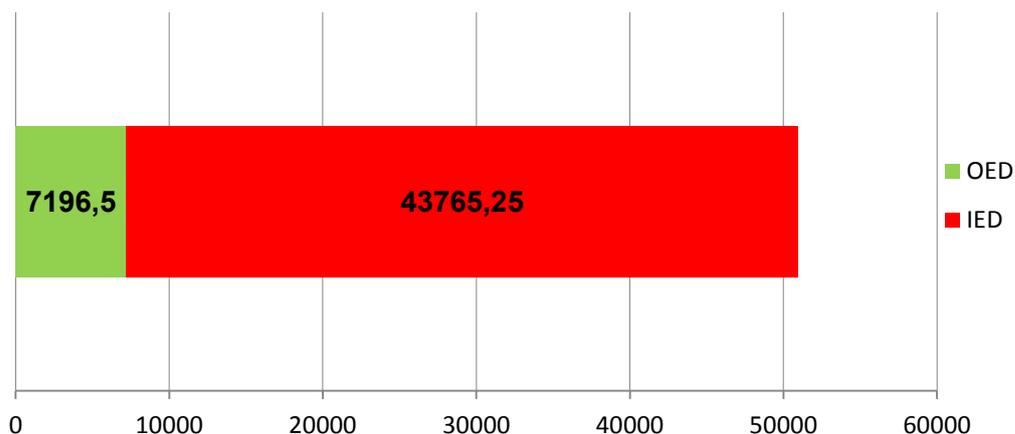


Fig. 6.4 Grafico rappresentativo del data sheet della macchina di rettifica CNC Emmerre

6.1.3 Data Sheet rettifica CNC Tacchella

# OP.	DESCRIZIONE	TIPO	T1	T2	T3	T4	MEDIA
10	Rimozione coprislitta	I	332	447	388	402	392,25
20	pulizia slitta (pre-spostamento contropunta)	I	834	428	456	678	599
30	scelta programma (Disegno nel database macchina)	I	686	651	873	2626	1209
40	verifica/impostazione quote	I	308	284	477	6324	1848,3
50	allentamento bulloni contropunta e misuratore	I	299	255	272	345	292,75
60	pulizia e lubrificazione slitta	I	1006	517	612	1603	934,5
70	ricerca punta/contropunta	E		702	577		639,5
80	cambio punta/contropunta	I		633	438		535,5
90	regolazione e montaggio brida sul pezzo	E		2514			2514
100	allineamento contropunta	I	208	221	210	213	213
110	serraggio bulloni contropunta	I	221	395	333	283	308
120	allineamento misuratore	I	199	735	110	322	341,5

130	serraggio bullone misuratore	I	202	123	65	124	128,5
140	ricerca asse campione	E	1522	1977	1152	815	1366,5
150	taratura misuratore con asse campione e azzeramento elettronico	I	2795	2065	1857	2029	2186,5
160	settaggio origine pezzo	I	2200	4386	2450	1663	2674,8
170	settaggio origine cono	I	1685				1685
180	settaggio origine diamante	I			2822		2822
190	taratura strumenti di misurazione con blocchetto pianparallelo	E	445	1363	1235	639	920,5
200	deposizione asse campione	E	386	288	314	333	330,25
210	montaggio piastre coprislitta	I	473	276	271	514	383,5
220	sostituzione trascinatore	I		988	687	330	668,33
230	diamantatura	I	1562	748	1715	1444	1367,3
240	lavorazione pezzo campione	I	2981	3289	2970	2362	2900,5
250	controllo conicità	I	202	1780	287	292	640,25
260	regolazione conicità su contropunta	I	104	119	71	75	92,25
270	regolazione escursione contropunta	I	489				489
280	lavorazione pezzo campione	I	1714	3417	1741	2073	2236,3
290	controllo distanza cuscinetto scarico	I		235			235
300	diamantatura	I	1251				1251
310	controllo conicità	I	427	488	242	382	384,75
320	controllo cono	I	602				602
330	regolazione conicità su contropunta	I	233	122	39	88	120,5
340	correzione quote di lavorazione	I	284	306	587	687	466

350	lavorazione pezzo	I	1757	1284	1448	1775	1566
360	controllo conicità	I	257	367	383	520	381,75
370	controllo cono	I	339				339
380	impostazione quote di lavorazione finali	I	319	337	242	335	308,25
390	lavorazione pezzo	I	1818		1397		1607,5
400	controllo conicità	I	211		280		245,5
410	controllo cono	I	201				201
420	controllo tolleranza cono (macchina per il controllo di misura con tastatore)	I	9415				9415
	TOT		37967	31740	27001	29276	31496
	E		2353	6844	3278	1787	3565,5
	I		35614	24896	23723	27489	27931

Fig. 6.5 Data sheet macchina di rettifica CNC Tacchella con identificazione OED

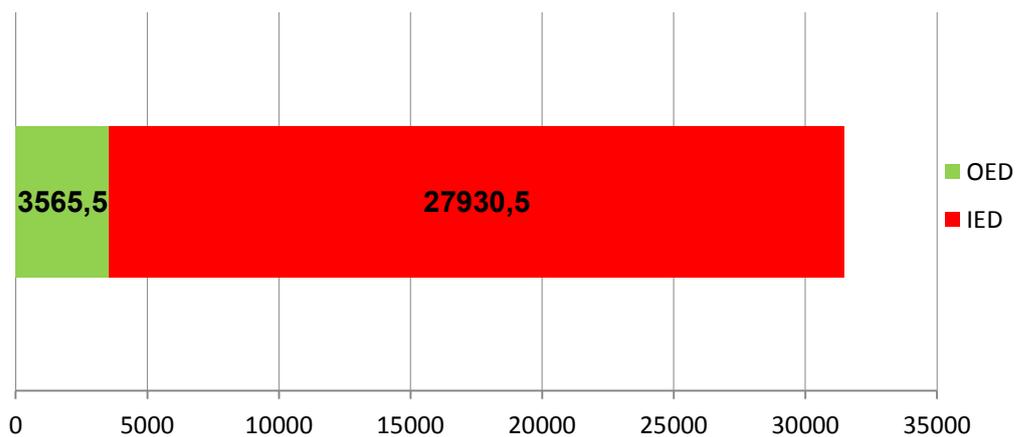


Fig. 6.6 Grafico rappresentativo del data sheet della macchina di rettifica CNC Tacchella

6.1.4 Data Sheet rettifica CNC Morara

# OP.	DESCRIZIONE	TIPO	T1	T2	T3	T4	MEDIA
10	scelta programma (Disegno nel database macchina)	I	458	1014	1543	589	901
20	verifica della correttezza delle quote pre-esistenti	I	634	424	555	603	554
30	controllo dimensioni pezzo	E	810			548	679
40	impostazione tolleranza di lavorazione	I	714	665	788	964	782,75
50	allentamento bullone misuratore	I	220	325	232	296	268,25
60	sostituzione brida pneumatica	I	2523	2995	3145	2888	2887,75
70	pulizia viti brida pneumatica	E	1178	987	889	1348	1100,5
80	ricerca chiave per allentamento bulloni	E	1006			765	885,5
90	allentamento bulloni contropunta	I	220	312	333	246	277,75
100	pulizia e lubrificazione slitta	I	943	538	897	1111	872,25
110	allineamento contropunta	I	135	408	324	223	272,5
120	serraggio bulloni contropunta	I	194	131	188	155	167
130	settaggio origine diamante	I	1359	1677	1875	1432	1585,75
140	settaggio origine pezzo	I	656	1028	999	881	891
150	misurazione diametro attuale del pezzo per correzione misuratore	E	271			234	252,5
160	allineamento misuratore	I	303	642	671	276	473
170	serraggio bullone misuratore	I	208	337	192	234	242,75
180	taratura e azzeramento elettronico misuratore	I	886	2288	1123	2256	1638,25
190	impostazione del ciclo di diamantatura della mola	I	765		678		721,5
200	diamantatura mola	I	2475	1030	1237	711	1363,25

210	lavorazione pezzo	I	3652	3673	2980	3123	3357
220	controllo della conicità	I	3157	940	776	1567	1610
230	regolazione conicità	I		123	145	111	126,33
240	correzione tolleranze	I	667	483	554	448	538
250	diamantatura mola	I		852	1165	763	926,67
260	lavorazione pezzo	I		3052	2901	3100	3017,67
270	controllo della conicità	I		888	819	1213	973,33
280	regolazione conicità	I		144	99	211	151,33
290	diamantatura mola	I		865	966	723	851,33
300	lavorazione pezzo	I		3067	3001	3155	3074,33
310	controllo della conicità	I		901		977	939
320	regolazione conicità	I		102		108	105
330	diamantatura mola	I		847		772	809,5
340	lavorazione pezzo	I		3010		3149	3079,5
350	controllo della conicità	I		789			789
360	regolazione conicità	I		110			110
370	diamantatura mola	I		850			850
380	lavorazione pezzo	I		3033			3033
		TOT	23434	38530	29075	35180	31554,8
		E	3265	987	889	2895	2009
		I	20169	37543	28186	32285	29545,8

Fig. 6.7 Data sheet macchina di rettifica CNC Morara con identificazione OED

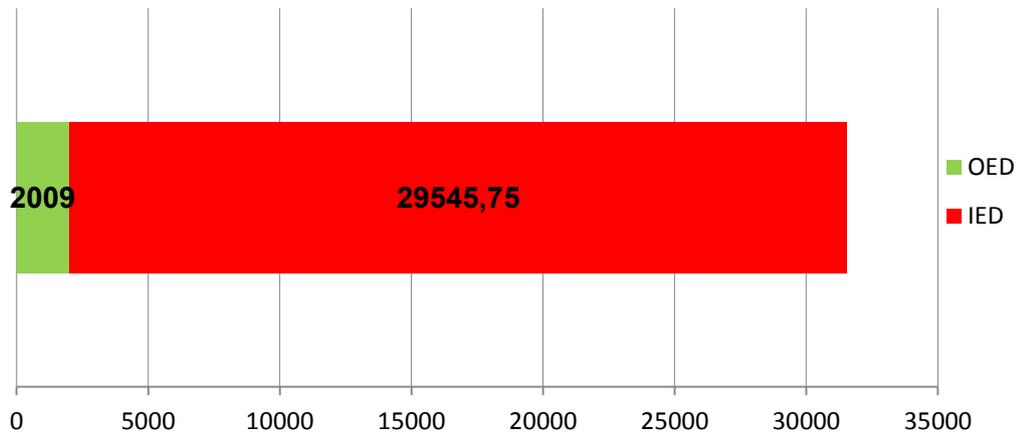


Fig. 6.8 Grafico rappresentativo del data sheet della macchina di rettifica CNC Morara

6.2 CONSIDERAZIONI PRELIMINARI

Lo studio e l'analisi dei tempi raccolti, unitamente alla separazione tra IED e OED, ha mostrato come la semplice distinzione di questi non potrebbe portare a risultati importanti nella riduzione dei tempi di setup.

È evidente come i problemi principali e le maggiori perdite di tempo si verificano durante la fase di aggiustaggio e regolazione della conicità, operazione che deve essere fatta meticolosamente date le basse tolleranze ($\pm 1 \mu\text{m}$) sul valore di tale misura.

Nonostante questo anche il semplice fatto di recuperare qualche minuto durante il setup significa aumentare sensibilmente la produttività del reparto, considerato che i gruppi di rettifica sono quattro e che il numero di setup medi ogni giorno varia tra i 4 e 5.

CAPITOLO 7

STEP 3 :

CONVERSIONE DI IED IN OED

7.1 I LIMITI NEL CONVERTIRE IED IN OED

L'analisi critica delle singole operazioni interne non ha permesso di identificare alcuna operazione che potesse essere convertita da interna a esterna.

Nella letteratura tutti gli esempi di conversione di attività interne in attività esterne riguardano o la preparazione in anticipo delle condizioni operative o la standardizzazione delle funzioni.

Per quanto riguarda la prima considerazione, il caso affrontato non offre alcuna possibilità in merito, in quanto tutte le condizioni operative necessarie alla lavorazione devono essere impostate necessariamente a macchina ferma. La standardizzazione delle funzioni potrebbe riguardare il sistema con cui il pezzo è sostenuto durante la lavorazione, ovvero le due punte che lo mantengono in posizione; in questo caso si potrebbe pensare di mantenere le punte sufficientemente distanti tra di loro per poi agire mediante l'utilizzo di alcune prolunghie per ovviare il problema della diversa lunghezza degli assi lavorati. Tale soluzione è stata presa in considerazione e studiata attentamente ma ha fornito come risultato l'impossibilità di applicarla a causa di limiti tecnici: nello specifico il problema nasce dall'eccessiva flessione sull'asse che si genera quando entra a contatto con la mola che comporterebbe la non perfetta cilindricità dell'asse e di conseguenza il mancato rispetto della qualità del prodotto.

Si potrebbe pensare di ridurre la spinta della mola e dunque la velocità di avanzamento della stessa, ma questo non assicurerebbe la risoluzione del problema e inoltre ridurrebbe la produttività a causa del maggior tempo ciclo necessario alla lavorazione.

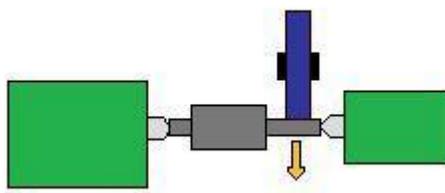


Fig. 7.1 Rappresentazione qualitativa della flessione dell'albero senza prolunga

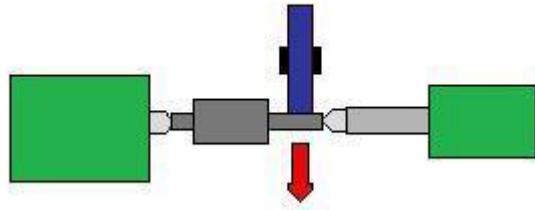


Fig. 7.2 Rappresentazione qualitativa della flessione dell'albero con la prolunga

Un ulteriore problema all'applicazione di questa soluzione sarebbe anche la differenza di materiale dell'asse; i materiali più duri infatti oppongono una maggior resistenza alla lavorazione e perciò sono più suscettibili a flessione, infatti vengono lavorati con velocità di taglio più basse.

CAPITOLO 8

STEP 4 :

OTTIMIZZAZIONE E SEMPLIFICAZIONE DELLE OPERAZIONI

8.1 OTTIMIZZAZIONE OED: GLI INTERVENTI 5S

L'ottimizzazione dei tempi di setup esterni è stata effettuata mediante interventi 5S che hanno permesso la più rapida ricerca di attrezzi e attrezzature da parte degli operatori, in modo che queste operazioni potessero essere eseguite in tempi ragionevoli e mascherati dalla lavorazione degli ultimi pezzi del lotto precedente.

8.1.1 Attrezzi e attrezzature a bordo macchina

Il numero elevato di setup giornalieri ha reso necessario il mantenere a bordo macchina tutte le attrezzature necessarie al setup base. Di seguito è riportato l'elenco degli attrezzi, strumenti e attrezzature mantenute a bordo macchina.

ATTREZZI/STRUMENTI/ATTREZZATURE	FUNZIONE
Chiave dinamometrica	Serraggio bulloni contropunta e misuratore
Set di chiavi a brugola	Rimozione viti paratie e regolazione braccetti misuratore
Pinza	Regolazione bride maggiori e interventi vari sulla macchina
Chiave inglese	Regolazioni bride
Martello	Inserimento punta nel canotto e nella testa porta pezzo
Micrometri analogici / digitali	Controllo tolleranze e conicità sui diametri
Calibro	Controllo distanza scarico-cuscinetto
Olio lubrificante	Lubrificazione slitta e punte
Stracci vari	Pulizia slitta
Set di punte	Legate al pezzo da lavorare

Set di bride	Scelte a seconda del pezzo da lavorare
Set di trascinatori	Scelti a seconda del pezzo da lavorare

Inizialmente tutti gli attrezzi erano posizionati sopra la macchina senza avere una sede specifica.



Fig. 8.1 Foto della disposizione degli attrezzi sulle macchina pre-intervento 5S

Su un'isola in particolare, invece, uno degli operatori ha deciso autonomamente, già prima dell'inizio dell'analisi, di effettuare un intervento 5S costruendo dei banchetti da posizionare sulle macchine per gli attrezzi essenziali e per appoggiare i pezzi appena lavorati in attesa di misurazione.



Fig. 8.2 Disposizione degli attrezzi sull'isola Emmerre (b)

Riconosciuta da subito all'operatore l'ottima idea e l'accurata realizzazione dei banchetti, si è deciso di svilupparla anche per le altre isole, adattandola alle particolari esigenze di ciascuna.

Nello specifico si è scelto di realizzare i banchetti in lamiera d'acciaio piuttosto che in legno, dato l'ambiente aggressivo in cui sono utilizzati.

Lo sviluppo è stato effettuato a mano, mentre la realizzazione è stata affidata ad una ditta esterna.

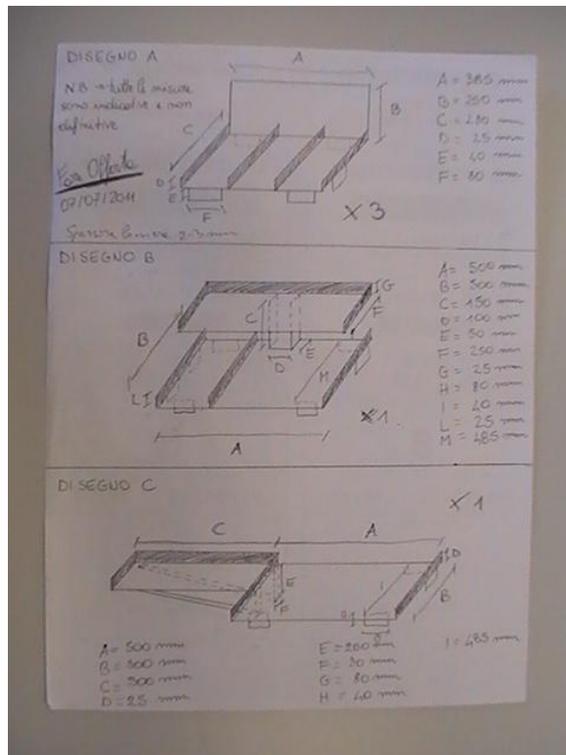


Fig. 8.3 Disegni utilizzati per la realizzazione dei banchetti di bordo macchina

I blocchetti pianparalleli utilizzati per la taratura degli strumenti di misurazione sono condivisi da tutte e 4 le isole e sono posti in un armadietto posizionato in un luogo accessibile per gli operatori di ogni isola.



Fig. 8.4 Armadietto contenente i blocchetti pianparalleli

Benché questi siano condivisi da 4 isole differenti, e che quindi potrebbero generare delle inefficienze a causa dello spostamento dell'operatore dalla propria postazione, il basso tempo di utilizzo, l'elevato costo dei blocchetti, e la possibilità di svolgere questa attività esternamente hanno condotto alla decisione di non duplicare la risorsa in questione.

8.1.2 Lo scaffale degli assi campione

I data sheet hanno messo in rilievo la consistente perdita di tempo determinata dalla ricerca del corretto asse campione utilizzato per tarare il misuratore elettronico.

L'attività è ovviamente un'attività esterna e va eseguita a macchina in funzione.

Nonostante questo la ricerca dell'asse campione può impegnare l'operatore anche diversi minuti, e in alcuni casi ha riscontro negativo, per cui l'asse campione dev'essere creato da zero con una sensibile perdita di tempo.

Il motivo per cui l'operatore può avere notevoli difficoltà nella ricerca dell'asse corretto, è l'organizzazione dello scaffale, in quanto gli assi sono accatastati alla rinfusa e senza un'identificazione precisa (Fig. 8.5).



Fig. 8.5 Situazione iniziale dello scaffale contenente gli assi campione

L'isola di rettifica con la macchina *Tacchella*, data la particolarità degli assi lavorati, ha un piccolo banchetto dedicato per gli assi campione (Fig. 8.6).



Fig. 8.6 Banchetto dedicato per gli assi campione, isola di rettifica Tacchella

8.2 OTTIMIZZAZIONE IED

Il passo successivo per la riduzione dei tempi di setup, dopo aver definito la nuova sequenza di attrezzaggio, è quello di ottimizzare tutte le operazioni interne cercando di eliminare le regolazioni e le lavorazioni di prova, che

nella maggior parte dei casi, come del resto in questo, sono i responsabili principali della dilatazione dei tempi di setup.

8.2.1 Definizione della nuova sequenza di setup

Il primo passo è quello di definire una sequenza di setup standardizzata per ogni macchina, in modo tale che gli operatori possano lavorare secondo procedure assodate e ottimizzate che limitino al minimo le perdite di tempo. La nuova sequenza inizierà ovviamente con le operazioni di setup esterne, eseguite contemporaneamente alla lavorazione degli ultimi pezzi del lotto già in lavorazione.

Questa procedura comune a tutte le macchine, inizierà con la ricezione delle informazioni sul lotto successivo, cosicché l'operatore sia in grado di verificare la presenza di tutte le attrezzature necessarie (bride, punte, blocchetti, micrometri, etc.).

Nel caso dell'isola *Emmerre* e *Tacchella*, questa sequenza prevederà anche la ricerca dell'asse campione necessario alla taratura elettronica del misuratore.

# OP.	DESCRIZIONE	TIPO
1	ricerca lotto successivo da rettificare (1 pezzo per regolare brida)	E
2	ricerca asse campione	E
3	ricerca punta/contropunta	E
4	regolazione e montaggio brida sul pezzo	E
5	ricerca blocchetto pianparallelo per taratura strumenti di misurazione	E
6	taratura sistemi di misurazione con blocchetto pianparallelo	E

Fig. 8.7 Operazioni esterne da eseguire a macchina in funzione

L'ordine con il quale queste operazioni vengono eseguite non è importante, l'essenziale è che vengano svolte in tempo "mascherato", prima che la macchina venga fermata.

Assunto che queste attività siano svolte correttamente, significa che l'operatore durante tutta l'intera sequenza di setup non dovrà muoversi dalla propria postazione, evitando così di perdere tempo in spostamenti inutili.

Le operazioni esterne non necessitano di un risequenziamento dal momento che tutti gli operatori agiscono già secondo una sequenza logica imposta dai vincoli di attrezzaggio.

Nonostante questo, per rendere il nuovo *data sheet* più chiaro e coerente, è stata definita una sequenza standard per ogni macchina in cui compaiono delle piccole differenze in relazione alle peculiarità di ogni isola.

8.2.2 La parallelizzazione delle attività di attrezzaggio dell'isola

Quando si parla di parallelizzazione delle operazioni di attrezzaggio si fa riferimento ad operazioni eseguite contemporaneamente sulla stessa macchina, generalmente sul fronte e sul retro della stessa.

Nel nostro caso, dal momento che la sequenza di operazioni è relativamente semplice e tutte le operazioni sono svolte da un lato, l'impiego di due uomini per l'attrezzaggio di una singola macchina è da escludere: al contrario, si possono ottenere dei vantaggi per quanto riguarda la parallelizzazione delle attività di setup dell'isola, ovvero attrezzare le due macchine che compongono l'isola contemporaneamente invece che in modo sequenziale, cosicché l'attrezzaggio più breve, quello della macchina di rettifica manuale, sia "mascherato" da quello della macchina a controllo numerico.

8.2.3 I problemi nella regolazione della conicità

I maggiori vantaggi ottenibili in termini di riduzione di tempo si potrebbero ottenere grazie all'eliminazione delle regolazione sulla conicità del pezzo.

La maggior parte dei pezzi lavorati, sono assi perfettamente cilindrici e raramente sono sottoposti a lavorazioni di tipo conico. Come già descritto nel capitolo precedente, le tolleranze di forma sono estremamente strette ($\pm 1\mu\text{m}$) e rendono le regolazioni molto impegnative.

In funzione dell'esperienza dell'operatore, la regolazione può essere più o meno breve.

Ciò che rende così laboriosa questa operazione, sono i molti parametri che entrano in gioco e che determinano un'alta variabilità del processo, per citarne alcuni:

- Lunghezza dell'asse
- Diametro dell'asse
- Materiale dell'asse
- Usura della mola
- Temperatura del liquido refrigerante
- Temperatura ambientale
- Forza di spinta della mola
- Velocità di avanzamento

Confrontando la variabilità di questi parametri con il coefficiente di dilatazione dell'acciaio (ordine di 10^{-3} mm/°C per metro di lunghezza) si può intuire come questa incida sensibilmente sul rispetto delle tolleranze, tant'è che al termine della lavorazione, ogni pezzo deve essere misurato accuratamente con l'utilizzo di micrometri.

La regolazione della conicità può essere effettuata, sulle macchine *Emmerre* e sulle macchine *Grisetti*, mediante la modifica dell'inclinazione della tavola tramite un pomello posto sulla macchina, oppure, sulle macchine *Tacchella* e *Morara*, tramite l'azione su una ruota micrometrica posta sul canotto della contropunta che agisce su un eccentrico posto all'interno del canotto.

Nel primo caso l'operazione richiede dapprima lo sblocco della tavola tramite una chiave a brugola e poi la regolazione tramite il pomello. La

misura di quanto viene modificata l'inclinazione della tavola viene fornita tramite un comparatore centesimale posto a bordo tavola (Fig.8.8).

Nel secondo caso l'operatore deve semplicemente agire sulla ruota posta sulla contropunta, infatti tale operazione risulta più immediata e veloce rispetto alla precedente (Fig. 8.9).

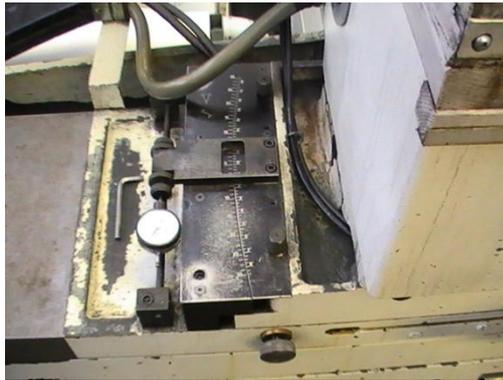


Fig. 8.8 Foto del comparatore e del pomello utilizzato per la regolazione della conicità

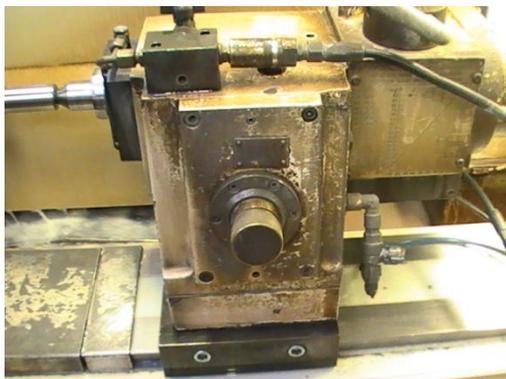


Fig. 8.9 Foto della ruota micrometrica posta sul canotto della contropunta (Tacchella a sinistra e Morara a destra)

L'operatore decide di modificare l'inclinazione in funzione delle rilevazioni effettuate con il micrometro sull'asse al termine della lavorazione.

Esistono 2 tipi di conicità rilevabili sull'asse:

- *Conicità singola*

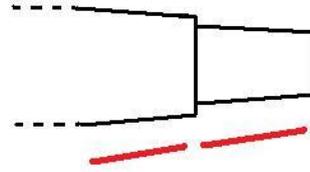


Fig. 8.10 Rappresentazione qualitativa del fenomeno di conicità singola

- *Conicità doppia*

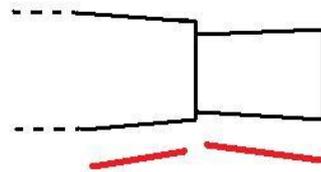


Fig. 8.11 Rappresentazione qualitativa del fenomeno di conicità doppia

Il caso di conicità singola è indubbiamente il più facile da correggere, in quanto è associabile unicamente all'inclinazione della tavola, ma allo stesso tempo si verifica di rado.

Il caso di conicità doppia invece è più complesso da correggere ed è legato in particolar modo all'inclinazione della tavola e alla flessione dell'asse dovuta alla spinta della mola.

8.3 APPLICAZIONE DEL VISUAL MANAGEMENT

Il reparto preso in esame non lavora a flusso, bensì a lotti; di conseguenza il capo reparto è costretto a verificare e gestire di continuo il carico di ciascuna macchina, assegnando di volta in volta il lotto da lavorare.

All'interno del reparto sono presenti 3 punti in cui vengono gestiti i "bindelli" di accompagnamento del lotto, stampati in duplice copia. In ogni

“bindello” è riportato il WO (*Work Order*) con il numero di pezzi e altre informazioni utili alla lavorazione.

Il modo in cui sono gestiti non permette però di avere una visione complessiva del carico di lavoro di ogni macchina e della quantità di ordini fermi o in ritardo ancora da lavorare (Fig. 8.12).



Fig. 8.12 Gestione iniziale del carico macchina

CAPITOLO 9

LA NUOVA PROCEDURA DI ATTREZZAGGIO

9.1 LA REALIZZAZIONE DEL NUOVO DATA SHEET

Un passo importante per la riduzione dei tempi di attrezzaggio è la realizzazione e codificazione di una procedura standard di setup, in modo che l'operatore abbia chiaro subito cosa deve fare, limitando, se non eliminando, ritardi o setup incompleti dovuti a dimenticanze occasionali.

L'implementazione di procedure standard non è però così semplice e immediata: in particolar modo si possono incontrare delle difficoltà nel far accettare ad un operatore un cambiamento, seppur non radicale, nel suo modo di lavorare.

Questo tipo di problematica viene a meno nel momento in cui la nuova procedura sia sviluppata congiuntamente all'operatore, in un'ottica di collaborazione e comunicazione, elementi essenziali per la buona riuscita del progetto.

Nei paragrafi successivi sono riportate le nuove procedure standard di attrezzaggio per ogni macchina unitamente alle nuove rilevazioni dei tempi.

9.1.1 Data sheet rettifica manuale Grisetti

# OP.	DESCRIZIONE	TIPO	T1	T2	T3	T4	MEDIA
1	ricerca lotto successivo da rettificare (1 pezzo per regolare brida)	E	1521		872		1196,5
2	ricerca punta/contropunta	E		345	211		278
3	regolazione e montaggio brida sul pezzo	E	532	654	488	923	649,25
4	ricerca blocchetto pianparallelo per taratura strumenti di misurazione	E		1236		324	780
5	taratura sistemi di misurazione con blocchetto pianparallelo	E	965	563	1275	453	814
		TOT	3018	2798	2846	1700	2590,5

Fig. 9.1 Data sheet operazioni esterne svolte prima dell'inizio del setup (Grisetti)

# OP.	DESCRIZIONE	TIPO	T1	T2	T3	T4	MEDIA
10	allontanamento mola	I	288	324	272	290	293,5
20	rimozione paratia anteriore	I	189	256	221	199	216,25
30	cambio punta/contropunta	I		321	163		242
40	allentamento bulloni contropunta	I	245	333	198	241	254,25
50	allentamento bullone misuratore	I	88	98	143	111	110
60	pulizia e lubrificazione slitta	I	1342	1289	987	1001	1154,75
70	allineamento contropunta tramite asse campione	I	345	178	563	234	330
80	serraggio bulloni contropunta	I	200	191	245	354	247,5
90	regolazione escursione contropunta	I			345		345
100	allineamento misuratore	I	567	321	400	299	396,75
110	serraggio bullone misuratore	I	191	246	470	301	302
120	sostituzione trascinatore	I		678	789		733,5
130	avvicinamento mola	I	304	332	288	300	306
140	montaggio paratia anteriore	I	256	173	376	201	251,5
150	diamantatura mola	I	3561	2981	2810	3204	3139
160	lavorazione pezzo	I	1456	998	1269	1328	1262,75
170	controllo conicità	I	467	501	332	321	405,25
180	controllo distanza cuscinetto-scarico	I	367		264		315,5
190	azione sul comparatore e sul pomello per eliminare la conicità	I	201	304	224	217	236,5
200	lavorazione pezzo	I	1436	1034	1283	1303	1264

210	controllo conicità	I	476	324	401	399	400
220	azione sul comparatore e sul pomello per eliminare la conicità	I	256			451	353,5
230	lavorazione pezzo	I	1428			1374	1401
240	controllo conicità	I	346			401	373,5
250	azione sul comparatore e sul pomello per eliminare la conicità	I	272			199	235,5
	TOT		14281	10882	12043	12728	12483,5

Fig. 9.2 Data sheet operazioni interne (Grisetti)

9.1.2 Data sheet rettifica CNC Emmerre

# OP.	DESCRIZIONE	TIPO	T1	T2	T3	T4	MEDIA
1	ricerca asse campione	E	521	632	331	204	422
2	ricerca punta/contropunta	E	175		231	162	189,33
3	regolazione e montaggio brida sul pezzo	E	743	901	891	1001	884
4	ricerca blocchetto pianparallelo per taratura strumenti di misurazione	E		268	401		334,5
5	taratura sistemi di misurazione con blocchetto pianparallelo	E	324	801	567	411	525,75
	TOT		1763	2602	2421	1778	2141

Fig. 9.3 Data sheet operazioni esterne svolte prima dell'inizio del setup (CNC Emmerre)

# OP.	DESCRIZIONE	TIPO	T1	T2	T3	T4	MEDIA
10	rimozione paratie anteriori di protezione sx e dx	I	391	374	298	275	334,5
20	cambio punta/contropunta	I	281		220	199	233,33
30	allentamento bulloni contropunta	I	200	212	198	289	224,75
40	allentamento bullone misuratore	I	75	89	77	93	83,5
50	pulizia e lubrificazione slitta	I	2341	1279	1888	1532	1760
60	utilizzo asse campione per allineamento contropunta	I	342	213	367	456	344,5
70	serraggio bulloni contropunta	I	240	532	455	279	376,5
80	regolazione escursione contropunta	I		991		430	710,5
90	allineamento misuratore	I	420	356	232	177	296,25
100	serraggio bulloni misuratore	I	191	156	234	197	194,5
110	sostituzione trascinatore	I	989			1221	1105
120	sceita programma (Disegno nel database macchina)	I	3145	2523	1653	872	2048,3
130	settaggio origine diamante	I	2784	2888	3412	2981	3016,3
140	settaggio origine pezzo	I	2145	2789	3001	2256	2547,8
150	taratura misuratore con asse campione e azzeramento elettronico	I	4521	2248	1892	2214	2718,8
160	correzione misuratore	I	578		631		604,5
170	montaggio paratie di protezione sx e dx	I	444	301	299	271	328,75
180	diamantatura mola	I	1210	1777	865	1982	1458,5
190	lavorazione pezzo	I	3521	2001	2256	3007	2696,3
200	controllo conicità	I	1078	1321	984	999	1095,5
210	azione sul comparatore e sul pomello per eliminare la conicità	I	503	421	387	498	452,25

220	controllo distanza cuscinetto - scarico	I	432	601	501		511,33
230	lavorazione pezzo	I	3462	1994	2301	3100	2714,3
240	controllo conicità	I	983	1243	897	1056	1044,8
250	azione sul comparatore e sul pomello per eliminare la conicità	I	456	523	399	435	453,25
260	lavorazione pezzo	I	3509	2008	2243	3003	2690,8
270	controllo conicità	I	974	1145	1004	1311	1108,5
280	azione sul comparatore e sul pomello per eliminare la conicità	I	621	372	373	499	466,25
290	lavorazione pezzo	I			2294	3089	2691,5
300	controllo conicità	I			991	888	939,5
310	azione sul comparatore e sul pomello per eliminare la conicità	I			401	502	451,5
320	lavorazione pezzo	I			2100		2100
330	controllo conicità	I			803		803
340	azione sul comparatore e sul pomello per eliminare la conicità	I			332		332
350	correzione tolleranze sul programma	I	431	456	783	1792	865,5
		TOT	36267	28813	34771	35903	33939

Fig. 9.4 Data sheet operazioni interne (CNC Emmerre)

# OP.	DESCRIZIONE	TIPO	T1	T2	T3	T4	MEDIA
351	deposizione asse campione	E	232	189	333	345	274,75

Fig. 9.5 Data sheet operazioni esterne svolte al termine del setup (CNC Emmerre)

9.1.3 Data sheet rettifica CNC Tacchella

# OP.	DESCRIZIONE	TIPO	T1	T2	T3	T4	MEDIA
1	ricerca asse campione	E	987	580	1102	885	888,5
2	ricerca punta/contropunta	E	203		712		457,5
3	regolazione e montaggio brida sul pezzo	E	854	1438	732	421	861,25
4	ricerca blocchetto pianparallelo per taratura strumenti di misurazione	E		212		479	345,5
5	taratura sistemi di misurazione con blocchetto pianparallelo	E	788	420	671	555	608,5
		TOT	2832	2650	3217	2340	2759,75

Fig. 9.6 Data sheet operazioni esterne svolte prima dell'inizio del setup (CNC Tacchella)

# OP.	DESCRIZIONE	TIP O	T1	T2	T3	T4	MEDIA
10	scelta programma (Disegno nel database macchina)	I	1167	835	662	513	794,25
20	verifica/impostazione quote	I	540	259	333	551	420,75
30	Rimozione coprislitta	I	402	378	435	331	386,5
40	cambio punta/contropunta	I	383	601	461		481,67
50	pulizia slitta (pre-spostamento contropunta)	I	772	589	661	666	672
60	allentamento bulloni contropunta	I	198	205	179	222	201
70	allentamento bullone misuratore	I	78	82	73	93	81,5
80	pulizia e lubrificazione slitta	I	1264	992	772	1001	1007,25
90	allineamento contropunta tramite asse campione	I	258	173	206	253	222,5
100	serraggio bulloni contropunta	I	396	355	479	299	382,25

110	regolazione escursione contropunta	I		401		235	318
120	allineamento misuratore	I	407	204	198	339	287
130	serraggio bullone misuratore	I	221	173	155	308	214,25
140	sostituzione trascinatore	I	873	1362			1117,5
150	settaggio origine pezzo	I	2561	2489	3004	1942	2499
160	settaggio origine diamante	I					
170	settaggio origine cono	I		1672	2781		2226,5
180	taratura misuratore con asse campione e azzeramento elettronico	I	3321	2071	2561	1823	2444
190	montaggio piastre coprislitta	I	288	261	302	266	279,25
200	diamantatura	I	934	1582	1034	1000	1137,5
210	lavorazione pezzo	I	2316	4219	3781	2115	3107,75
220	controllo conicità	I	391	601	589	512	523,25
230	controllo cono	I		781	651		716
240	regolazione conicità su contropunta	I	191	136	179	204	177,5
250	controllo distanza cuscinetto scarico	I	178			365	271,5
260	diamantatura	I	756	792	1147	837	883
270	lavorazione pezzo	I	2217	4372	3800	2086	3118,75
280	controllo conicità	I	431	598	671	421	530,25
290	controllo cono	I		689	702		695,5
300	regolazione conicità su contropunta	I	174	142	203	107	156,5
310	correzione quote di lavorazione	I	287	461	390	299	359,25
320	diamantatura	I	681			772	726,5

330	lavorazione pezzo	I	2156			1992	2074
340	controllo conicità	I	383			424	403,5
350	controllo cono	I					
360	regolazione conicità su contropunta	I	155			123	139
370	impostazione quote di lavorazione finali	I	301	277	265	229	268
380	controllo tolleranza cono (macchina per il controllo di misura con tastatore)	I		7924	8881		8402,5
		TO T	24680	35676	35555	20328	29059,75

Fig. 9.7 Data sheet operazioni interne (CNC Tacchellai)

# OP.	DESCRIZIONE	TIPO	T1	T2	T3	T4	MEDIA
381	deposizione asse campione	E	86	101	94	121	100,5

Fig. 9.8 Data sheet operazioni esterne svolte al termine del setup (CNC Tacchella)

9.1.4 Data sheet rettifica CNC Morara

# OP.	DESCRIZIONE	TIPO	T1	T2	T3	T4	MEDIA
1	ricerca punta/contropunta	E	268	457	501	178	351
2	ricerca blocchetto pianparallelo per taratura strumenti di misurazione	E	378		489		433,5
3	taratura sistemi di misurazione con blocchetto pianparallelo	E	683	701	447	551	595,5
		TOT	1329	1158	1437	729	1163,25

Fig. 9.9 Data sheet operazioni esterne svolte prima dell'inizio del setup (CNC Morara)

# OP.	DESCRIZIONE	TIP O	T1	T2	T3	T4	MEDIA
10	scelta programma (Disegno nel database macchina)	I	1651	637	800	973	1015,3
20	verifica della correttezza delle quote pre-esistenti	I	502	621	412	589	531
30	cambio contropunta	I	302	277	355	321	313,75
40	allentamento bulloni contropunta	I	218	203	361	306	272
50	allentamento bullone misuratore	I	193	221	173	269	214
70	sostituzione brida pneumatica	I	3367	2856	3004	2913	3035
80	pulizia e lubrificazione slitta	I	1134	947	992	724	949,25
90	allineamento contropunta	I	598	235	274	116	305,75
100	serraggio bulloni contropunta	I	171	194	165	136	166,5
110	allineamento misuratore	I	571	362	259	444	409
120	serraggio bullone misuratore	I	199	271	223	195	222
130	settaggio origine diamante	I	1571	1723	1254	1367	1478,8
140	settaggio origine pezzo	I	892	1292	946	916	1011,5
150	taratura e azzeramento elettronico misuratore	I	2457	2145	1739	956	1824,3
160	diamantatura mola	I	1734	1372	1992	900	1499,5
170	lavorazione pezzo	I	2956	3416	3001	3152	3131,3
180	controllo della conicità	I	946	1329	772	884	982,75
190	regolazione conicità su contropunta	I	145	132	171	111	139,75
200	diamantatura mola	I	1523	1300	1888	834	1386,3
210	lavorazione pezzo	I	2901	3399	2931	3045	3069
220	controllo della conicità	I	903	1148	637	734	855,5

230	regolazione conicità su contropunta	I	198	178	123	122	155,25
240	diamantatura mola	I	1034	1146	1525	992	1174,3
250	lavorazione pezzo	I	2845	3478	2893	3111	3081,8
260	controllo della conicità	I	772	1267	783	805	906,75
270	regolazione conicità su contropunta	I	146			135	140,5
280	diamantatura mola	I	993			904	948,5
290	lavorazione pezzo	I	2957			3072	3014,5
300	controllo della conicità	I	804			1194	999
310	regolazione conicità su contropunta	I	103			97	100
320	impostazione quote di lavorazione finali	I	267	234	367	201	267,25
		TO T	35053	30383	28040	30518	30999

Fig. 9.10 Data sheet operazioni interne (CNC Morara)

# OP.	DESCRIZIONE	TIPO	T1	T2	T3	T4	MEDIA
321	pulizia viti brida pneumatica	E	1267	994	1156	892	1077,25

Fig. 9.11 Data sheet operazioni esterne svolte al termine del setup (CNC Morara)

9.2 CALCOLO DEL RISPARMIO DI TEMPO OTTENUTO

Dalle nuove rilevazioni dei tempi effettuati a seguito del cambio della procedura di attrezzaggio si può evincere come vi sia stato una riduzione del tempo medio di setup, dettata in particolar modo dalla parallelizzazione delle operazioni eseguite su entrambe le macchine.

L'unica isola in cui non è stato possibile applicare la parallelizzazione è stata l'isola D, quella con la macchina di rettifica *Morara*. Ciò non è stato possibile a causa di motivi tecnici. Come già descritto in precedenza la macchina è dotata di una brida pneumatica per il bloccaggio dell'asse; tale brida blocca l'asse agganciandosi al cuscinetto posteriore, il quale deve essere necessariamente rettificato poiché, nel caso contrario, il serraggio non avverrebbe correttamente.

Questo comporta che le operazioni di setup per le due macchine dell'isola D siano effettuate in serie e non in parallelo.

Detto questo, per le altre isole si potrà considerare solo il tempo di attrezzaggio della macchina CNC.

9.2.1 Analisi isola di rettifica A,B

Il tempo medio di setup precedente all'intervento era dato dalla somma di quello della macchina di rettifica manuale e da quello della macchina CNC:

$$T_{m, pre, A,B} = 15872 + 50961 = 66833 \text{ [millesimi di minuto]} \quad (9.1)$$

Il tempo di setup medio a seguito dell'intervento è dato dal solo tempo di setup medio della macchina CNC:

$$T_{m, post, A,B} = 33939 \text{ [millesimi di minuto]} \quad (9.2)$$

Il risparmio di tempo medio sul setup dell'isola di rettifica A e B è dunque:

$$T_{\text{risp.m, A,B}} = T_{\text{m, pre, A,B}} - T_{\text{m, post, A,B}} = 66833 - 33939 = 32894 \text{ [mill. di minuto]}$$

(9.3)

9.2.2 Analisi isola di rettifica C

Il tempo medio di setup precedente all'intervento era dato dalla somma di quello della macchina di rettifica manuale e da quello della macchina CNC:

$$T_{\text{m, pre, C}} = 15872 + 31554,8 = 47426,8 \text{ [mill. di minuto]}$$

(9.4)

Per il motivo descritto in precedenza il tempo di setup medio post intervento sarà sempre dato dalla somma delle due macchine:

$$T_{\text{m, post, C}} = 12483,5 + 30999 = 43482,5 \text{ [mill. di minuto]}$$

(9.5)

Il risparmio di tempo medio sul setup dell'isola di rettifica C è dunque:

$$T_{\text{risp.m, C}} = T_{\text{m, pre, C}} - T_{\text{m, post, C}} = 47426,8 - 43482,5 = 3944,3 \text{ [mill. di minuto]}$$

(9.6)

9.2.3 Analisi isola di rettifica D

Il tempo medio di setup precedente all'intervento era dato dalla somma di quello della macchina di rettifica manuale e da quello della macchina CNC:

$$T_{\text{m, pre, D}} = 15872 + 31496 = 47368 \text{ [mill. di minuto]}$$

(9.7)

Il tempo di setup medio a seguito dell'intervento è dato dal solo tempo di setup medio della macchina CNC:

$$T_{m, post, D} = 29059,75 \text{ [mill. di minuto]}$$

(9.8)

Il risparmio di tempo medio sul setup dell'isola di rettifica D è dunque:

$$T_{risp.m, D} = T_{m, pre, D} - T_{m, post, D} = 47368 - 29059,75 = 18308,25 \text{ [mill.di minuto]}$$

(9.9)

9.2.4 Analisi risparmio totale

Una volta ottenuti i dati relativi al risparmio di tempo per ogni singolo setup, è possibile calcolare una stima del tempo risparmiato giornalmente, moltiplicando questi per il numero di setup medi di ogni isola;

$$T_{risp, gg, A} = 32894 \times 4,917 = 161739,79 \text{ [mill. di minuto]}$$

(9.10)

$$T_{risp, gg, B} = 32894 \times 2,083 = 68518,20 \text{ [mill. di minuto]}$$

(9.11)

$$T_{risp, gg, C} = 3944,3 \times 3 = 11832,9 \text{ [mill. di minuto]}$$

(9.13)

$$T_{risp, gg, D} = 18308,25 \times 2,5 = 45770,63 \text{ [mill. di minuto]}$$

(9.12)

Sommando i risparmi giornalieri per ciascuna isola è così possibile identificare il risparmio giornaliero totale:

$$T_{\text{risp, gg}} = 161739,79 + 68518,20 + 45770,63 + 11832,9 = 287861,52 \text{ [mill. di min.]}$$

Il risparmio medio giornaliero è perciò di 287,86 minuti.

CAPITOLO 10

ANALISI ECONOMICA DELL'INTERVENTO

10.1 IL COSTO DEGLI INTERVENTI

I costi sostenuti per gli interventi possono essere suddivisi in 3 categorie:

- Costi per nuove attrezzature
- Costi per interventi 5S
- Costi per interventi di *Visual Management*

10.1.1 COSTI PER NUOVE ATTREZZATURE

Relativamente alle attrezzature di bordo macchina, l'unica mancanza si è rivelata essere quella delle chiavi dinamometriche utilizzate per lo sblocco del canotto della contropunta, in quanto, a fronte di quattro isole, erano presenti solo due chiavi. Per tale motivo si è deciso per l'acquisto di altre due chiavi dinamometriche (Fig. 10.1) in modo tale che ogni isola avesse la propria e che l'operatore non dovesse spostarsi di volta in volta per cercarne una.



Fig. 10.1 Chiave dinamometrica

Unitamente alle chiavi sono state acquistate le boccole e un paio di prolunghie della misura adeguata per l'utilizzo.

Un'altra voce di costo imputabile all'acquisto di attrezzature è quella della prolunga con attacco cono morse utilizzata per il test sulla regolazione della conicità. Tale prolunga, non essendo in commercio, è stata fatta realizzare da una ditta esterna secondo delle particolari specifiche (Fig. 10.2).

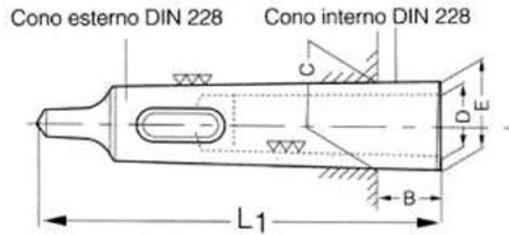


Fig. 10.2 Disegno utilizzato per la realizzazione della prolunga

Le specifiche definite nel disegno sono state decise a partire da un'analisi (riportata completamente in appendice) effettuata su un insieme di codici lavorati sulle due isole comprendenti le macchine di rettifica CNC Emmerre. L'analisi ha riguardato la variazione di lunghezza degli assi tra due codici successivi, al fine di capire quale potesse essere la misura ottimale della prolunga per il test. Ai fini della scelta sono state escluse da subito misure troppo lunghe (oltre i 50 mm) poiché avrebbero generato senza alcun dubbio problemi di flessione sull'asse, e misure troppo corte (al di sotto dei 25 mm) poiché non avrebbero fornito un vantaggio effettivo, dal momento che la lunghezza degli assi può variare anche di diversi centimetri. La misura scelta per il test è stata dunque di 40 mm.

Di seguito è riportata la tabella con i costi relative alle attrezzature (Fig. 10.3).

ATTREZZATURA	QUANTITÀ	COSTO TOT (€)
Chiave dinamometrica	2	458,52
Chiave a bussola con bocca esagonale	1	9,24
Chiave a bussola per viti con esagono incassato	1	10,46
Prolungha per chiave	2	22,28
Prolunga per contropunta con attacco cono morse secondo disegno	1	220
	TOT	720,5

Fig. 10.3 Tabella riassuntiva dei costi per le attrezzature

10.1.2 COSTI PER INTERVENTI 5S

Gli Interventi 5S hanno riguardato sia l'attrezzatura di bordo macchina che l'organizzazione degli scaffali contenenti gli assi campione.

Per l'attrezzatura di bordo macchina come già descritto in precedenza sono stati realizzati dei banchetti in lamiera a bordo macchina per il posizionamento ordinato di tutti gli attrezzi di frequente utilizzo: chiavi a brugola, bride di trascinamento, trascinatori, pinza, cacciavite etc.

Lo scaffale contenente gli assi campione utilizzati dalle isole di rettifica Emmerre è stato modificato per un'organizzazione più accurata degli assi. Anzitutto è stato aumentato il numero di traverse, disponibili già a magazzino in azienda, per poter posizionare più ripiani ottenendo una maggior suddivisione tra gli assi. I vecchi ripiani in truciolato sono stati rimossi e si sono fatti realizzare dei ripiani in lamiera d'acciaio, più resistenti e più facilmente ripulibili. Per la suddivisione sono state scelte delle cassette in plastica che a seconda della taglia degli assi possono contenere da 10 a 5 assi differenti (anche di più per quelli molto piccoli). Ogni cassetta è stata etichettata con informazioni relative alla taglia dell'asse (56, 63, 71, 80, 90, 100, 112, 132, 160), alla lunghezza dell'asse e al diametro del cuscinetto anteriore.

Per l'organizzazione degli assi campione utilizzati dall'isola di rettifica Tacchella è stato utilizzato lo stesso metodo, ma si è reso necessario, vista la mancanza, l'acquisto di un nuovo scaffale.

Di seguito è riportata la tabella con i costi sostenuti relativamente agli interventi 5S (Fig. 10.5).

ATTREZZATURA	QUANTITÀ	COSTO TOT (€)
Ripiani in lamiera realizzati esternamente	6	1800
Cassette in plastica per riporre gli assi (per entrambi gli scaffali)	60	799,3
Scaffalatura nuova per isola Tacchella	1	486,8
Confezione etichette per cassette	1	18,95
Banchetti in lamiera bordo macchina realizzati esternamente	5	696
	TOT	3801,05

Fig. 10.5 Tabella riassuntiva dei costi sostenuti per interventi 5S

10.1.3 COSTI PER INTERVENTI DI VISUAL MANAGEMENT

Le applicazioni di visual management effettuate hanno riguardato la gestione degli ordini di produzione (*Work Order*) utilizzati per il carico macchina, a cui è stata fornita maggior visibilità grazie all'utilizzo di pannelli posti all'interno del reparto (Fig. 10.8). I pannelli sono stati divisi per fasi di lavorazione (lavorazione in fantina, taglio barra, tornitura, chiavettatura, godronatura etc.), e per ogni fase di lavorazione si è utilizzato un contenitore differente per ogni macchina in cui sono stati posti i *work order*. Questo ha permesso di avere una maggior visibilità del carico di ogni singola macchina così da individuare agevolmente i problemi relativi a ritardi e colli di bottiglia.



Fig. 10.6 Pannelli di carico macchina (Visual Management)

Sebbene questo intervento non riguardi in particolar modo le isole di rettifica, ma tutto il reparto, è stato scelto di considerarne comunque i costi poiché la nascita di questa necessità si è verificata durante la fase di analisi preliminare, in particolar modo durante la stesura della VSM.

Di seguito è riportata la tabella contenente i costi relativi agli interventi di *Visual Management* (Fig. 10.7).

ATTREZZATURA	QUANTITÀ	COSTO TOT (€)
Pannelli per contenitori Work Order	3	1080,1
Contenitore Work Order per pannelli	30	272,1
TOT		1352,2

Fig. 10.7 Tabella riassuntiva dei costi sostenuti per gli interventi di *Visual Management*

Il totale dell'investimento è riportato nella tabella sottostante, ottenuta come unione delle tabelle di costo, a cui è stata aggiunta la voce relativa alle ore uomo impiegate per l'attività d'analisi e controllo dei risultati (Fig. 10.8).

VOCE DI COSTO	QUANTITÀ	COSTO TOT (€)
Chiave dinamometrica	2	458,52
Chiave a bussola con bocca esagonale	1	9,24
Chiave a bussola per viti con esagono incassato	1	10,46
Prolunghe per chiave	2	22,28
Prolunga per contropunta con attacco cono morse secondo disegno	1	220
Ripiani in lamiera realizzati esternamente	6	1800
Cassette in plastica per riporre gli assi (per entrambi gli scaffali)	60	799,3
Scaffalatura nuova per isola Tacchella	1	486,8
Confezione etichette per cassette	1	18,95
Banchetti in lamiera bordo macchina realizzati esternamente	5	696
Pannelli per contenitori Work Order	3	1080,1
Contenitore Work Order per pannelli	30	272,1
Ore uomo impiegate per il progetto	100	4000
Ore uomo impiegate per il progetto (Operatori di macchina)	10	300
	TOT	10173,75

Fig. 10.8 Tabella riassuntiva dei costi totali sostenuti

10.2 IL MARGINE DI CONTRIBUZIONE

Il guadagno di efficienza produttiva ottenuta mediante la riduzione dei tempi di attrezzaggio, si traduce in un maggior tempo disponibile per attività produttive, le quali generano un guadagno per l'azienda. Ai fini dell'analisi non potendo calcolare il margine per ogni singolo codice data l'elevatissima varietà si è scelto di utilizzare un prezzo di vendita medio dei motori a cui è associato un margine di guadagno, anch'esso medio.

P_{motore} (prezzo medio di vendita di un motore) = 100 €/pz

$M\%$ (margine % medio di guadagno di un motore) = 23 %

$M_{\text{€}} = P_{\text{motore}} \times M\% / 100 = 100 \times 0,23 = 23 \text{ €/pz}$

(10.1)

Il reparto in questione però non produce motori finiti, bensì solo rotor finiti, i quali, in quanto semilavorati non contribuiscono pienamente al margine di guadagno del motore. Per questo motivo il margine di guadagno dovrà essere decurtato in funzione dell'incidenza che il rotore ha sul motore finito.

$M_{\text{rotore, \%}}$ (incidenza del rotore sul margine di guadagno) = 25%

$M_{\text{rotore, €}} = M_{\text{€}} \times I\% / 100 = 23 \times 0,25 = 5,75 \text{ €/pz}$

(10.2)

Definito il margine di contribuzione medio per ogni rotore si dovrà passare al calcolo della quantità di pezzi in più prodotti giornalmente.

Dal capitolo precedente si è visto come l'intervento di S.M.E.D. abbia comportato un risparmio di tempo giornaliero medio pari a **287,86** minuti.

Il calcolo del numero di pezzi in più prodotti giornalmente può essere agevolmente fatto dividendo il risparmio di tempo per un tempo di rettifica medio (come già detto più volte, l'altissima varietà di codici lavorati non permette l'utilizzo di dati puntuali per cui si devono considerare tempi medi).

$T_{\text{disp,g}}$ (tempo supplementare giornaliero a disposizione) = 287,86 min/giorno

T_{rett} (tempo medio di rettifica) = 3,5 min / pz

$$N_{\text{rotori}} = T_{\text{disp,g}} / T_{\text{rett}} = 287,86 / 3,5 = 82,25 \text{ pz/giorno}$$

(10.3)

A questo punto risulta immediato il calcolo del margine di guadagno giornaliero derivante dalla produzione di un numero di rotori supplementari.

$$M_{\text{€ tot}} = M_{\text{rotore, €}} \times N_{\text{rotori}} = 5,75 \times 82,25 = 472,94 \text{ €/gg} = 2364,69 \text{ € / sett.}$$

(10.4)

10.3 ANALISI DEL PAYBACK PERIOD

Il metodo scelto per l'analisi del recupero dell'investimento è quello del *Payback Period* scontato.

Tale metodo calcola il tempo necessario al ritorno d'investimento, considerando il tasso di sconto reale, calcolato a partire dal tasso monetario e da quello d'inflazione, nel nostro caso rispettivamente 4 % e 2,8 %.

$$T_{\text{reale}} = (T_{\text{monetario}} - T_{\text{inflazione}}) / (1 + T_{\text{inflazione}}) = 0,012 = 1,2 \text{ \% annuo}$$

(10.5)

La formula utilizzata dal PBP_{scontato} è la seguente:

$$PBP_{\text{scontato}} = - (\ln (1 - I_{\text{€}} * T_{\text{reale}} / G_{\text{esercizio}})) / \ln(1 + T_{\text{reale}})$$

(10.6)

Dove :

$$I_{\text{€}} (\text{valore totale dell'investimento effettuato}) = 10173,75 \text{ €}$$

Il guadagno in esercizio è calcolato settimanalmente ed è dato dal guadagno settimanale meno il costo dell'operatore jolly necessario alla parallelizzazione dei setup.

L'operatore jolly viene utilizzato per l'attrezzaggio della macchina di rettifica manuale *Grisetti*, sulle isole A, B e D.

Per il calcolo di questo operatore è stata considerato un costo di 40 € /ora.

L'attrezzaggio della macchina è in media pari a 12,48 min cioè 0,21 ore.

$$C_{\text{jolly, A, sett}} = 0,21 \times 4,917 \times 40 \times 5 = 206,51 \text{ € /sett}$$

(10.7)

$$C_{\text{jolly, B, sett}} = 0,21 \times 2,083 \times 40 \times 5 = 87,49 \text{ € /sett}$$

(10.8)

$$C_{\text{jolly, D, sett}} = 0,21 \times 2,5 \times 40 \times 5 = 105 \text{ € /sett}$$

(10.9)

$$C_{\text{jolly, TOT, sett}} = 206,51 + 87,49 + 105 = 399 \text{ € / sett}$$

(10.10)

Il guadagno in esercizio settimanale sarà dunque facilmente calcolabile come differenza tra il guadagno settimanale e il costo dell'operatore jolly:

$$G_{\text{esercizio}} = 2364,69 - 399 = 1965,69 \text{ € / sett}$$

(10.11)

Essendo lo studio dell'investimento effettuato in settimane, il tasso reale utilizzato sarà pari a:

$$T_{\text{reale,sett}} = 0,012 / 52 = 0,00023$$

(10.12)

Dunque il PBP_{scontato} diventa :

$$PBP_{\text{scontato}} = -(\ln(1-10173,75*0,00023/1965,69)) / \ln(1+0,00023) = 5,18 \text{ settimane}$$

(10.13)

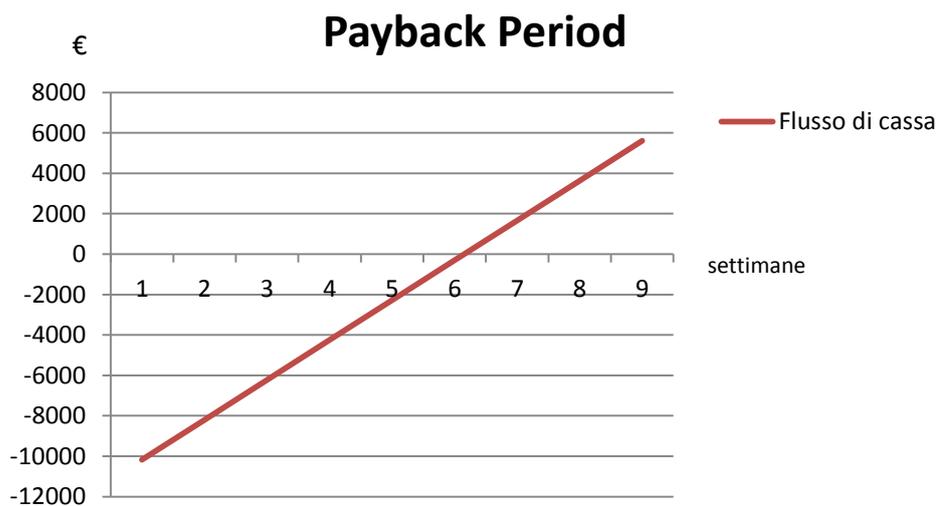


Fig. 10.9 Grafico rappresentativo del flusso di cassa

CAPITOLO 11

PUNTI APERTI E CRITICITÀ

11.1 UNA PROSPETTIVA DI LAVORO A FLUSSO

L'applicazione delle tecniche S.M.E.D. può essere considerata un buon punto di partenza per lo sviluppo della *lean manufacturing* in azienda.

Un sistema produttivo che voglia lavorare a flusso, composto da lavorazioni differenti eseguite su altrettante macchine, non può prescindere dall'averne dei setup rapidi ed efficienti, poiché il ritardo di uno di questi comporterebbe il fermo dell'intera linea.

La scelta di intervenire da subito sulla riduzione dei tempi di attrezzaggio è perciò una scelta vincente per un'azienda che decida di passare da un sistema di produzione a lotti a un sistema a flusso.

Al momento il sistema produttivo di *Lafert* è un classico sistema a lotti, in cui l'obiettivo principale è dunque quello della saturazione delle macchine.

In questo caso, come in molte altre aziende, voler cambiare il modo di produrre non significa semplicemente rivedere il layout e prendere qualche accorgimento, ma significa stravolgere completamente la mentalità di un'azienda abituata a lavorare da molti anni in un determinato modo; per questo motivo il primo passo per il cambiamento è il consolidamento della fiducia negli strumenti della *lean production*.

Nello specifico, gli interventi S.M.E.D. si prestano molto bene a questo scopo, in quanto con minimi sforzi possono fornire buoni risultati e fungere perciò da trampolino di lancio per lo sviluppo del *lean thinking*.

La volontà di *Lafert* di cambiare e di svilupparsi in termini di *lean production*, per essere sempre più competitiva sia a livello nazionale che internazionale, è dimostrata dall'avvio di un progetto di produzione a flusso, nello specifico una linea di produzione parallela che operi secondo questa filosofia.

Lo scopo di questo progetto è quello di capire quali siano concretamente i vantaggi offerti del *one piece flow* per poi estendere il tutto all'intero reparto meccanico speciale cercando di ottenere vantaggi significativi sia per quanto riguarda la riduzione del *lead time* di attraversamento che del *WIP*.

11.2 ANALISI PER L'AUTOMAZIONE DELLA LINEA

Le operazioni eseguite sulle macchine di rettifica, così come quelle eseguite sulla maggior parte delle macchine dell'intera linea, sono principalmente operazioni carico/scarico e di controllo della qualità del pezzo.

Tali attività occupano l'operatore per circa 45 secondi a macchina.

Tra queste le operazioni di carico/scarico, soprattutto nel caso dei rotori più grossi in cui è necessario l'uso del paranco, possono causare rallentamenti che si ripercuotono sulla produttività.

Data la semplicità delle operazioni sarebbe interessante studiare la possibilità di automatizzare completamente le isole, in modo tale che un singolo operatore abbia la possibilità di gestirne anche due contemporaneamente.

L'automazione della linea è già stata applicata in azienda per la produzione di rotori di serie, per cui, dal momento che le operazioni sono perfettamente identiche e che richiedono semplicemente un setup diverso delle macchine, è pensabile che la stessa soluzione possa essere adattata alle isole del reparto meccanico "speciale".

L'analisi dei tempi ciclo delle varie fasi di lavorazione ha messo in evidenza la possibilità di accoppiare le isole di rettifica con la fase immediatamente successiva, quella di tornitura del rotore. Tale accoppiamento risulta possibile solo nel caso di una soluzione automatizzata in quanto le operazioni di carico/scarico risulterebbero notevolmente più veloci grazie all'utilizzo di robot cartesiani a doppia pinza.

11.2.1 IPOTESI DI INTERVENTI PER L'AUTOMAZIONE

Il primo passo verso l'automazione della linea è quello dell'adeguamento del parco macchine attuale alle necessità dell'automazione. Le macchine attualmente in uso al reparto, in particolar modo quelle più vecchie, non

sono progettate per un carico/scarico automatico del pezzo, per cui dovrebbero essere aggiornate e adeguatamente modificate.

Le modifiche principali, se non le uniche strettamente necessarie, riguardano il sistema di chiusura della contropunta che da manuale deve essere trasformato automatico tramite l'utilizzo di un trascinatore pneumatico.

Per quanto riguarda le macchine di rettifica Emmerre, data l'obsolescenza del CNC e del PLC risulterebbe necessario anche un *Retro Fit*, in altri termini, un aggiornamento, di tutta la parte elettrica ed elettronica della macchina.

Le macchine più recenti, quali Tacchella e Morara, sono invece già predisposte per il carico/scarico automatico per cui gli interventi necessari sarebbero minimi se non nulli.

Nell'ipotesi avanzata, il sistema di automazione comprenderebbe l'utilizzo di 3 robot cartesiani per isola, ognuno dei quali asservirebbe una singola macchina tramite un sistema di carico/scarico a doppia pinza.

I buffer intermedi sarebbero costituiti da sistemi a nastro motorizzati.

Le foto successive riguardano il reparto automatizzato per la produzione di rotori di serie; le soluzioni impiegati sono del tutto simili se non identiche a quelle necessarie al nostro caso.



Fig. 11.1 Isola automatizzata utilizzata per la lavorazione di rotori di serie

11.2.2 COSTI IPOTIZZATI PER GLI INTERVENTI E PBP

Nella tabella seguente sono riportati i costi stimati per l'intervento di automazione delle quattro isole di rettifica in esame (Fig. 11.)

INTERVENTO/ATTREZZATURA	QUANTITÀ	COSTO TOT (€)
<i>Retro Fit</i> macchine di rettifica Emmerre	2	126000
Robot Cartesiani (3 per isola)	12	1200000
Sistema di trasporto a nastro robotizzato	4	80000
Aggiornamento sistema di chiusura contropunta macchina di rettifica Grisetti	4	10000
Acquisto brida di trascinamento pneumatica per macchina di rettifica Tacchella	1	5000
Sistemi di riparo per isola robotizzata (griglie di protezione etc..)	4	8000
	TOT	1429000

Fig. 11.2 Tabella riassuntiva dei costi ipotetici per un intervento di automazione sulle isole di rettifica accoppiate ad un tornio per la tornitura del rotore

La manodopera necessaria alla gestione dei quattro gruppi di rettifica/tornitura automatizzati può essere quantificata, considerando un ipotetico doppio turno, in quattro persone. Ogni operatore dovrebbe seguire due isole, e sarebbe affiancato da una squadra di operatori durante le operazioni di attrezzaggio. Ipotizzando un costo per l'azienda di 30000 €/anno per operatore il costo della manodopera sarebbe:

$$C_{\text{man}} = C_{\text{man}} \times N_{\text{operatori}} = 30000 \times 4 = 120000 \text{ €/anno}$$

(11.1)

Il risparmio annuale derivante da tale sistema automatizzato, sarebbe imputabile principalmente alla riduzione della manodopera, sia delle isole di rettifica attuali, che dei torni. Per quanto riguarda le isole di rettifica il costo della manodopera sarebbe dimezzato, poiché ora un singolo operatore controlla due isole. Il personale addetto al tornio invece sarebbe completamente eliminato. Ipotizzando lo stesso costo annuale per operatore (30000 €/anno):

$$R_{\text{rettifica}} = C_{\text{man}} \times N_{\text{Op eliminati rettifica}} = 30000 \times 8 = 240000 \text{ €/anno}$$

(11.2)

$$R_{\text{tornio}} = C_{\text{man}} \times N_{\text{Op eliminati tornio}} = 30000 \times 8 = 240000 \text{ €/anno}$$

(11.3)

$$R_{\text{totale}} = R_{\text{rettifica}} + R_{\text{tornio}} = 240000 + 240000 = 480000 \text{ €/anno}$$

(11.4)

Eliminando così tutti gli operatori addetti alle isole di rettifica e ai torni e considerando come costo della manodopera un operatore per ogni isola robotizzata, sempre in doppio turno, il risparmio netto annuale può essere così calcolato:

$$R_{\text{netto}} = R_{\text{totale}} - C_{\text{man}} = 480000 - 240000 = 240000 \text{ €/anno}$$

(11.5)

Considerati i dati del capitolo precedente relativamente al tasso d'interesse reale annuo pari a 1,2 % il PBP_{scontato} sarà il seguente:

$$PBP_{\text{scontato}} = -(\ln(1 - 1429000 \cdot 0,012 / 240000)) / \ln(1 + 0,012) = 6,21 \text{ anni}$$

(11.6)

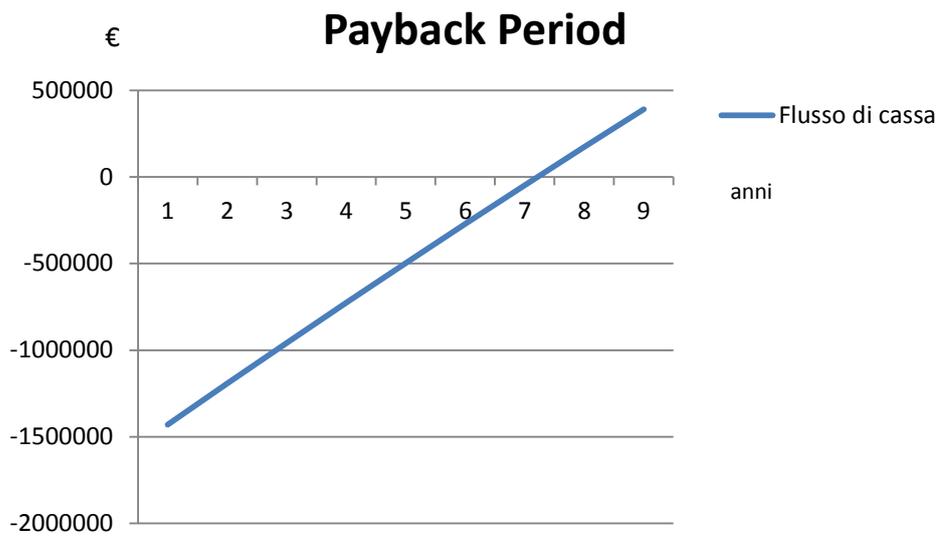


Fig. 11. Grafico rappresentativo del flusso di cassa

Dato l'elevato periodo necessario al rientro dell'investimento si potrebbe pensare ad una soluzione alternativa per l'automazione della linea: dal momento che la riorganizzazione del reparto meccanico speciale per la produzione a flusso non riguarderebbe l'intero reparto ma solo due linee dello stesso a causa dell'eccessiva varietà di alcuni codici, l'automazione risulterebbe vantaggiosa solo per queste, di conseguenza sarebbe più opportuno optare per un'automazione parziale del reparto.

BIBLIOGRAFIA

Shigeo Shingo, 1985, *A Revolution in Manufacturing: The Smed System*, Productivity Press, Cambridge.

James P. Womack, Daniel T. Jones, Daniel Roos, 1991, *La macchina che ha cambiato il mondo*, Rizzoli, Milano.

Graziadei G., 2004, *Gestione della produzione Industriale*, Hoepli, Milano.

Gest G., Culley S.J., McIntosh R.I., Mileham A.R. and Owen G.W., 1995, "Review of fast tool change systems", *Computer Integrated Manufacturing Systems*, vol.8, n.3, pp. 205-210.

Choong Soo Lee, Sung Shick Kim, Jung Sang Choi, 2003, "Operation sequence and tool selection in flexible manufacturing system under dynamic tool allocation", *Computer and Industrial Engineering*, n.45, pp. 61-73.

Gest G., Culley S.J., McIntosh R.I., Mileham A.R. and Owen G.W., 1995, "Design for changeover – products, machines, tooling and systems", *Proceedings of the 3rd International Conference on Sheet Metal*, University of Central England, pp. 77-85.

McIntosh R.I., Culley S.J., Mileham A.R., Owen G.W., 2001, "Changeover improvement: A maintenance perspective", *International Journal of Production Economics*, n.73, pp. 153-163.

F.A. Duplaga, C.K. Hahn, C.A. Watts, 1996, "Evaluating capacity change and setup time reduction in a capacity-constrained, joint lot sizing situation", *International Journal of Production Research*, n.64 1859-1873.

H. Rozema, V. Travaglini, 1995, "Quick mold change systems for high volume stack molds", *Proceedings of the Annual Technical Conference ANTEC, Society of plastics Engineers* n.1, 1011 - 1015.

Michael J. Termini, 1996, *The New Manufacturing Engineer*, Society of Manufacturing Engineers, Dearborn.

Katsuhisa Ohno, Koichi Nakade, 1997, "Analysis and optimization of a U-shaped production line", *Journal of the Operations Research*, vol.40, n.1.

APPENDICE A

VSM REPARTO

MECCANICO

SPECIALE



MAGAZZINO BARRE INTERNO AL REPARTO



SISTEMA MRP



CLIENTE
Takt Time
1200 pz / giorno
0,363 min / pz
0,725 min / pz

INPUT PRODUZIONE
2 volte a settimana

FLUSSO 1
70%

LAV. INFANTINA	135988 pz.
CT = 1,98'	
CO = 30'	
1 turno	
2 macchine	
1 operatore	

CHIAVETTA
CT = 0,27'
CO = 10'
1 turno
1 macchina
1 operatore

RULLATURA
CT = 0,13'
CO = 15'
1 turno
1 macchina
1 operatore

INS. ROTORE
CT = 0,18'
CO = /
1 turno
1 macchina
1 operatore

RADDR. ALBERO
CT = 0,34'
CO = /
1 turno
1 macchina
1 operatore

RETTIFICA
CT = 4'
CO = 60'
2 turni
2 macchine
1 operatore

TORN. ROTORE
CT = 1,67'
CO = 15'
1 turno
2 macchine
1 operatore

BILANCIATURA
CT = 3'
CO = 15'
1 turno
1 macchina
1 operatore

6866 pz

2936 pz

4863 pz

201 pz

878 pz

1918 pz

507 pz

FLUSSO 2
30%

TA GLIO BARRA	57829 pz.
CT = 1,53'	
CO = 15'	
1 turno	
2 macchine	
1 operatore	

TORNITURA
CT = 4'
CO = 75'
1 turno
2 macchine
1 operatore

CHIAVETTA
CT = 0,27'
CO = 10'
1 turno
1 macchina
1 operatore

RULLATURA
CT = 0,42'
CO = 15'
1 turno
1 macchina
1 operatore

INS. ROTORE
CT = 0,2'
CO = /
1 turno
1 macchina
1 operatore

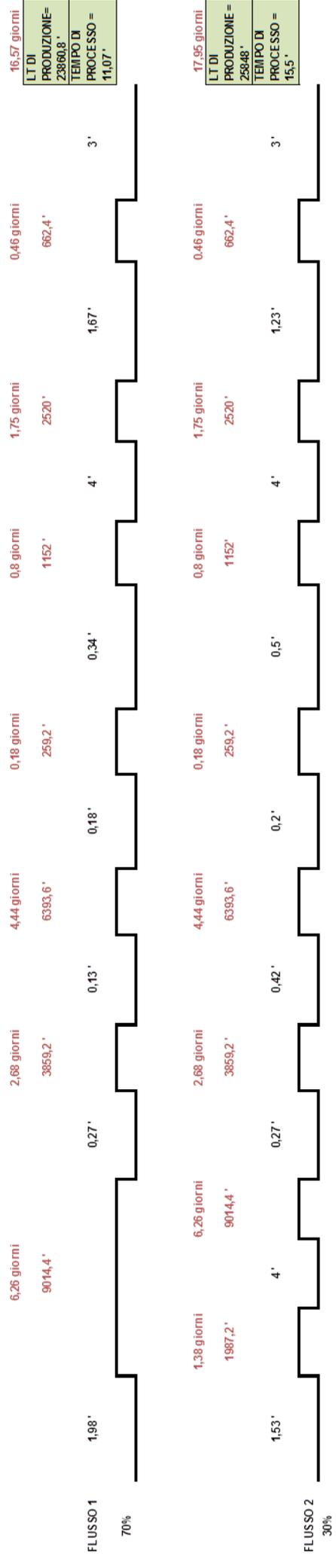
RADDR. ALBERO
CT = 0,5'
CO = /
1 turno
1 macchina
1 operatore

RETTIFICA
CT = 4'
CO = 60'
2 turni
2 macchine
1 operatore

TORN. ROTORE
CT = 1,23'
CO = 15'
1 turno
2 macchine
1 operatore

BILANCIATURA
CT = 3'
CO = 15'
1 turno
1 macchina
1 operatore

1509 pz



N.B. I mac roflussi individuati sono 2 e sono differenziati principalmente dalla prima fase. Dalla chiavettatura in poi essendo le code uniche il wip è mantenuto aggregato e di conseguenza il LT è considerato identico per entrambi i mac roflussi.

TAKT TIME NECESSARIO PER 1200 pz / giorno (calcolato su un turno) = 435 ' / 1200 pz = 0,363 '

TAKT TIME NECESSARIO PER 1200 pz / giorno (calcolato su due turni) = 870 ' / 1200 pz = 0,725 '

PRODUZIONE MESE DI APRILE PER IL CALCOLO DEL LT = 1096 pz / giorno

ATTUALE

Takt Tim e = 0,397 ' (1 turni)

Takt Tim e = 0,794 ' (2 turni)

APPENDICE B

ANALISI PER LA SCELTA DELLA LUNGHEZZA DELLA PROLUNGA TEST

MESE DI APRILE 2011 STATISTICA LUNGHEZZA ASSI PER STUDIO DI FATTIBILITA' PROLUNGA

CODICE	DISEGNO	Δ da media	LUNGHEZZA (mm)	Δ da asse precedente	MOV
RS80C4T5724S	DS 5724		232,75		
RL71L4TMB001	DS S018/03	35,20	237	4,25	0
RL71/4LMB002	DS S018/03	35,20	237	0	0
RL71S4TMB001	DS S018/03	35,20	237	0	0
RL71C4TMB001	DS S018/03	35,20	237	0	0
RL71S2TMB001	DS S018/03	35,20	237	0	0
RS80/6T90150	DS 9015	35,20	237	0	0
RL71/4L00001-S	DS S012/04	39,20	233	4	0
RL71S4T00001-S	DS S012/04	39,20	233	0	0
RL71C4T00001-S	DS S012/04	39,20	233	0	0
RL71L4L00001-S	DS S012/04	39,20	233	0	0
RL71C4L00002-S	DS S012/04	39,20	233	0	0
RL71/4LS0002-S	DS S012/04	39,20	233	0	0
RS10F4E92150	DS 9215	96,30	368,5	135,5	1
RL10F4E00001	DS S34/06	101,30	373,5	5	0
RS71L2T74110	DS 7411	42,20	230	143,5	1
RS71L4T74110	DS 7411	42,20	230	0	0
RL90E4EU1001	DS S34/03	32,80	305	75	1
RL90D4E00001	DS S34/04	74,30	346,5	41,5	1
RL90E2E00001-N	DS S34/03	32,80	305	41,5	1
RL90F2E00001	DS S34/04	74,30	346,5	41,5	1
RS71S4T90780	DS 9078	44,20	228	118,5	1
RL10X4T00131	ASSE 100 TGL PARI	39,30	311,5	83,5	1
RL10S4T00131	ASSE 100 TGL PARI	39,30	311,5	0	0
RS63C2T81660	DS 8166	12,20	260	51,5	1
RS63S2T81660	DS 8166	12,20	260	0	0
RS63C2T81660	DS 8166	12,20	260	0	0
RS63S2T75480	DS 7548	12,20	260	0	0
RS63S4T80560	DS 8056	65,20	207	53	1
RS63C4L80560	DS 8056	65,20	207	0	0
RL80AA4E00001	DS S34/01	14,70	257,5	50,5	1
RL80/2E00001	DS S34/02	15,20	257	0,5	0
RL80L2E00001	DS S34/02	15,20	257	0	0
RS10/4T8775S	DS 8775	8,20	264	7	0
RS80C4L58620	DS 5862	14,55	286,75	22,75	0
RS80S4L58620	DS 5862	14,55	286,75	0	0
RS80C4L75580	DS 7558	24,45	247,75	39	1
RS80S4L70200	DS 7020	24,45	247,75	0	0
RL90S2T00131	ASSE 90 TGL PARI	2,30	274,5	26,75	1
RL90S6T00131	ASSE 90L TGL PARI	2,30	274,5	0	0
RS12/2T89500-N	DS 8950	146,30	418,5	144	1
RL12BA2E00001-C	DS S34/24	100,80	373	45,5	1
RS10F4E92150	DS 9215	96,30	368,5	4,5	0
RS12T2T77570-N	DS 7757	121,80	394	25,5	1
RS71C6T7633S	DS 7633	88,20	184	210	1
RX711129210B	DS 9210	68,80	341	157	1
RS10C4T73970	DS 7397	76,80	349	8	0
RS12X4T73960	DS 7396	98,80	371	22	0
RS10C4T73970	DS 7397	76,80	349	22	0
RL63A4TMB001-1	DS S23/02	50,70	221,5	127,5	1
RL63S4T00001-S	DS S012/03	68,20	204	17,5	0
RL63C4L00001-S	DS S012/03	68,20	204	0	0
RL63A4T00001-S	DS S012/03	68,20	204	0	0
RS71L2T69660	DS 6966	71,20	201	3	0
	MEDIA		272,20	TOT MOV	19
				TOT CAMBI COD	53
				INCIDENZA	0,358490566

val. nom. prolunga	min		max	Δ coperti
25	25		50	7
50	50		75	4
75	75		100	2
100	100		125	1
125	125		150	4
150	150		175	1
175	175		200	0
200	200		225	1
225	225		250	0
250	250		275	0
275	275		300	0
300	300		325	0
>325	325			0

ESCURSIONE CONTROPUNTA UTILE

25

VALORI NOM PROLUNGHE



- 25
- 50
- 75
- 100
- 125
- 150
- 175