



UNIVERSITÀ DI PISA

DIPARTIMENTO DI INGEGNERIA DELL'ENERGIA DEI SISTEMI
DEL TERRITORIO E DELLE COSTRUZIONI

RELAZIONE PER IL CONSEGUIMENTO DELLA
LAUREA MAGISTRALE IN INGEGNERIA GESTIONALE

***Applicazione di metodi e strumenti della Lean
Manufacturing per l'ottimizzazione dei cambi
produzione in Vitesco Technologies***

SINTESI

RELATORI

Prof. Ing. Gino Dini
Dipartimento di Ingegneria Civile e Industriale

Ing. Daniele Costanzo
Vitesco Technologies s.r.l

IL CANDIDATO

Sabrina Poziello
sabrina.poziello@hotmail.com

Sessione di Laurea Magistrale del 29/09/2021

Applicazione di metodi e strumenti della Lean Manufacturing per l'ottimizzazione dei cambi produzione in Vitesco Technologies

Sabrina Poziello

Sommario

Questo lavoro di tesi è il risultato di un tirocinio svolto presso Vitesco Technologies, azienda il cui core business è la produzione di iniettori e Fuel Rails, RDU e altri componenti interni. L'obiettivo del progetto è stato quello di lavorare sulle performance dei cambi produzione della linea 4 mixed model di assemblaggio RDU, nell'ottica di migliorare l'OEE della linea, attraverso la rivisitazione del processo di cambio tipo sia dal punto di vista gestionale che tecnico e l'applicazione di metodi e strumenti della Lean Manufacturing. Il lavoro ha avuto inizio con una prima fase di analisi dettagliata del processo AS IS. Dopodiché la tesi si svolge parallelamente su tre livelli diversi: il primo di tipo organizzativo che lavora sul numero di cambi tipo e sulla sequenza di produzione, il secondo di tipo tecnico volto all'ottimizzazione e velocizzazione della fase di rampup, attraverso l'analisi e la risoluzione dei fermi macchina principali, e il terzo che va ad agire sulla durata dei cambi tipo più complessi tramite l'implementazione dello SMED. Durante tutto il lavoro sono stati costantemente monitorati alcuni KPI definiti a inizio tirocinio. A completamento dei tre livelli sono state eseguite attività di formazione del personale sui cambiamenti messi in atto. L'esecuzione del progetto ci ha consentito di ottenere una riduzione delle perdite sull'OEE relative ai changeover.

Abstract

This thesis work is the result of an internship at Vitesco Technologies, a company whose core business is the production of injectors, Fuel Rails, RDU and other internal components. The aim of the project was to work on the performances of the production changes of the RDU mixed model assembly line 4, with a view to improving the OEE of the line, through the review of the changeover process both from managerial and technical point of view and the application of Lean Manufacturing methods and tools. The work began with a first phase of detailed analysis of the AS IS process. Then the thesis takes place in parallel on three different levels, the first of an organizational type that works on the number of changeover and on the sequence of production, the second of a technical type aimed at optimization and speeding up of the ramp-up phase, through the analysis and the resolution of the main machine breakdown and the third that acts on the duration of the most difficult type changes through the implementation of the SMED. Throughout the work, some KPIs defined at the beginning of the internship were constantly monitored. Upon completion of the three levels, training activities were carried out for employees on the changes implemented. The execution of the project allowed us to obtain a reduction in OEE losses due to changeovers.

1. Vitesco Technologies

Vitesco Technologies, ex Continental Powertrain, con sede a Regensburg, è un fornitore automobilistico tedesco di tecnologie di trasmissione e propulsione, sviluppa soluzioni per motori elettrici e motori a combustione interna. Lo stabilimento di Pisa ha come core business la produzione di iniettori e Fuel Rails ad alta e bassa pressione per motori a benzina, RDU per motori diesel e i più importanti componenti interni.

2. L'RDU (Reductant Dosing Unit) e la sua produzione

La famiglia dell'RDU fa parte di un sistema più ampio denominato SCR (Selective Catalytic Reduction), che viene impiegato per trattare i gas di scarico e ridurre gli inquinanti NOx che sono prodotti dalla combustione dei motori Diesel. L'RDU sfrutta come base un iniettore a bassa pressione (Deka VII) per immettere nel catalizzatore delle auto Diesel un additivo (urea), che si combina con gli ossidi di azoto NOx (gli inquinanti) trasformandoli in azoto e acqua.

2.1 La linea 4 di assemblaggio RDU

La Linea 4 RDU è una linea automatica mixed model, i compiti dell'operatore sono quelli di rifornire i sistemi di alimentazione dei componenti, di caricare i tray di Coolant Housing e Iniettori e di scaricare i tray di RDU assemblati, interagendo con le macchine in caso di avarie o scarti. La linea è composta da 8 moduli, 6 di assemblaggio e 2 di ispezione e confezionamento, ed è stata progettata per assemblare RDU 2.0 e 3.0, i secondi di ultima generazione che presentano dimensioni inferiori; per tale motivo su alcuni moduli della linea sono previste operazioni per entrambe le tipologie, su altri solo per i 2.0.



3. Obiettivo e situazione iniziale

Il progetto di tirocinio si è incentrato sulle performance del cambio produzione sulla linea 4 RDU, nell'ottica di migliorare l'OEE della linea. Come mostrato in figura 1 (relativa al mese antecedente l'inizio del tirocinio), tra le varie componenti di perdita sull'OEE di linea 4, quella relativa ai changeover è la seconda in termini di importanza dopo i machine breakdown (fermi macchina). L'obiettivo che ci siamo preposti a inizio progetto è stato quello di ridurre del 30% questa componente di perdita sull'OEE per tempi di riattrezzaggio.

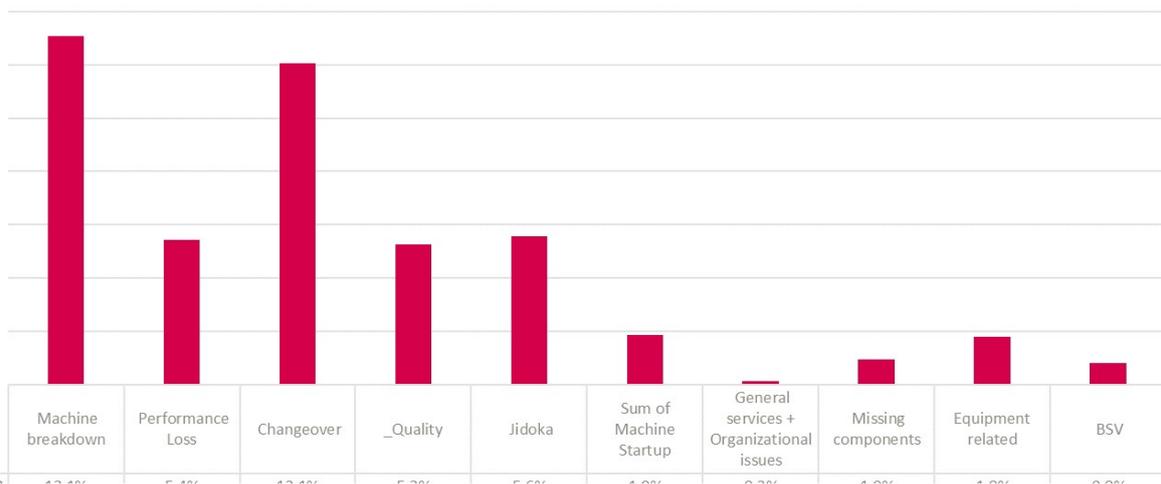


Figura 1: OEE losses

4. Metodologia applicata

La tesi si svolge parallelamente su tre livelli diversi basati sull'applicazione di metodi e strumenti della Lean Manufacturing. Il lavoro ha avuto inizio dopo una prima fase di analisi dettagliata della situazione di partenza, per comprendere il processo AS IS del cambio tipo di linea 4. Il primo livello, di tipo organizzativo, interviene sul numero dei cambi tipo e sulla sequenza di produzione, collaborando con la logistica in modo da fornirgli un supporto nella definizione del piano di produzione. Il secondo livello, di tipo tecnico, ha lo scopo di velocizzare la fase di rampup (quella per portare a regime la linea una volta effettuati gli attrezzaggi) e consiste in un'analisi giornaliera dei fermi delle macchine che si presentano di volta in volta durante i cambi produzione, al fine di attuare azioni correttive. Il terzo livello, basato sull'implementazione dello SMED, ha lo scopo di semplificare e ridurre il tempo dei cambi produzione più complessi (da RDU 2.0 a RDU 3.0). Combinare una produzione diversificata di piccoli lotti come quella della Linea 4 con tale tecnica è il modo più efficace per conciliare al meglio il lavoro in ottica Just in time di Vitesco, portando vantaggi in termini di flessibilità produttiva, velocità di consegna e produttività, con investimenti bassi/nulli, uno dei principali vantaggi della metodologia. In un'ottica di sostenibilità, a completamento dei 3 livelli, sono state eseguite attività di formazione del personale sui cambiamenti effettuati, con la creazione di istruzioni di lavoro.

5. Livello 1 - Ottimizzazione della sequenza di produzione

Per convenzione, il cambio tipo inizia quando esce l'ultimo pezzo della vecchia produzione dal modulo OP60, e termina quando esce il centesimo pezzo della nuova produzione. I cambi tipo di linea 4 sono suddivisi in quattro tipologie in base alla loro durata, che dipende dalla tipologia e dalla numerosità dei cambi meccanici da effettuare e dal numero di componenti che cambiano passando dal vecchio test plan al nuovo.

- Cambio tipo A-2.0: cambio da 2.0 a un altro 2.0, durata compresa tra 10 e 20 minuti
- Cambio tipo A-3.0: cambio da 3.0 a un altro 3.0, durata compresa tra 10 e 20 minuti
- Cambio tipo B: durata compresa tra 21 e 31 minuti
- Cambio tipo C: durata compresa tra 32 e 44 minuti
- Cambio tipo D: durata compresa tra 45 e 54 minuti

Per questo motivo, al fine di ridurre il tempo perso per i cambi produzione, abbiamo lavorato innanzitutto sulla sequenza di produzione dei vari test plan. Normalmente è la logistica che si occupa di definire il piano di produzione, guardando però solo alla domanda del cliente e non anche alla tipologia dei cambi tipo che derivano dalla schedulazione. Abbiamo quindi condiviso con la logistica le varie tipologie di cambi produzione e abbiamo creato un sistema per guidarla nella definizione del piano in modo da minimizzare i cambi tipo C e D, e schedulare i vari test plan cercando di massimizzare invece i cambi tipo A e B. È stato creato un file di Visual Management di supporto alla programmazione della produzione. Al lato di ogni prodotto schedulato, viene indicata la tipologia del cambio tipo che deriva nel passare a quello che viene schedulato dopo di lui, associando un colore ad ognuna, per renderne più facile e immediata la lettura del piano. In questo modo è stato possibile ottimizzare la sequenza dei cambi tipo ottenendo un immediato vantaggio sull'OEE della linea perché, producendo gli stessi test plan, se la sequenza è ottimizzata, il tempo cumulato di set up risulta inferiore. In Figura 2 si mostra un esempio di applicazione dello strumento.

Prodotto	orario partenza	orario di fine	
TP 10	16/04/2021 02:00	16/04/2021 12:58	A
TP 16	16/04/2021 13:13	16/04/2021 19:23	A
TP 7	16/04/2021 19:38	17/04/2021 02:27	A
TP 13	17/04/2021 02:42	17/04/2021 21:54	A
TP 4	17/04/2021 22:09	17/04/2021 22:34	
TP 4	17/04/2021 22:34	18/04/2021 03:41	B
TP 43	18/04/2021 04:06	18/04/2021 13:06	
TP 43	18/04/2021 13:06	18/04/2021 15:30	
TP 43	18/04/2021 15:30	18/04/2021 17:18	B
TP-40	18/04/2021 17:43	19/04/2021 04:55	A
TP 29	19/04/2021 05:10	19/04/2021 09:34	B
inventario	19/04/2021 09:59	19/04/2021 13:59	
TP 28	19/04/2021 14:49	20/04/2021 06:49	B
TP 36	20/04/2021 07:14	20/04/2021 07:34	A
TP 27	20/04/2021 07:49	23/04/2021 12:36	A
TP 33	23/04/2021 12:51	23/04/2021 15:15	

Figura 2: Programma di produzione

6. Livello 2 - Ottimizzazione e velocizzazione della fase di rampup

Per definizione, la fase di rampup del cambio tipo è quella che va dall'uscita del primo pezzo della nuova produzione dal modulo OP60 (ovvero da quando termina la fase di riempimento) fino all'istante in cui esce sempre dallo stesso modulo il centesimo pezzo. Essendo risultata la fase di maggiore inefficienza, è stata oggetto di analisi e successiva ottimizzazione durante tutto il progetto.

6.1 Indicatori utilizzati

OEE → il KPI principale utilizzato durante tutto il periodo di analisi e successivo monitoraggio è l'OEE, e in particolare la sua componente di changeover losses, ovvero le perdite per set up all'interno del fattore di disponibilità (o availability).

Numero di cambi tipo/turni lavorati → abbiamo da subito iniziato a tenere traccia di quanti cambi tipo di ogni tipologia venivano effettuati nella settimana, per due principali motivi:

- avere un'idea di quali fossero le tipologie più frequenti;
- dare spiegazioni ai principali indicatori, nel caso ad esempio di un valore mensile elevato di *Changeover losses*, si va a vedere se è dovuto al fatto che sono state effettuate più tipologie di cambi tipo di maggiore complessità (i.e. C o D) o anche al semplice fatto che siano stati effettuati più cambi produzione rispetto al solito.

Scostamento rispetto al target → per ogni tipologia di cambio tipo si sono raccolti e analizzati i dati per tracciarne le performance. Le performance di ogni cambio tipo sono state di volta in volta calcolate come scostamento rispetto al target.

$$\text{Scostamento rispetto al target} = \frac{\text{durata reale} - \text{durata teorica}}{\text{durata teorica}}$$

quindi idealmente dovrebbe essere 0, se 100% significa che dura il doppio rispetto al target.

Changeover efficiency → è il secondo indicatore utilizzato per analizzare le performance dei cambi produzione, definito in collaborazione con il responsabile di produzione, che rapporta il tempo target rispetto al tempo realmente impiegato per eseguire tutto il set up.

$$\text{Changeover Efficiency} = \frac{\text{durata teorica}}{\text{durata reale}}$$

Questo rapporto, che assume valori positivi inferiori a 1, è tanto più positivo quanto più si avvicina a 1. Una changeover efficiency del 50% significherebbe metterci il doppio del tempo rispetto al previsto. Lo scopo di questo KPI, a differenza dello scostamento da target, è di evidenziare quanto ogni variabile del processo sia inefficiente, cioè la massima percentuale di miglioramento che possiamo attenderci da ogni fattore.

Abbiamo cercato di capire se l'inefficienza fosse dovuta alla fase di set up vero e proprio o a quella di riempimento e rampup. Capito che il problema stava nella seconda, abbiamo scorporato da questa i machine breakdown, trovando che la maggior parte dell'inefficienza di questa fase è dovuta ai fermi macchina (figura 3).

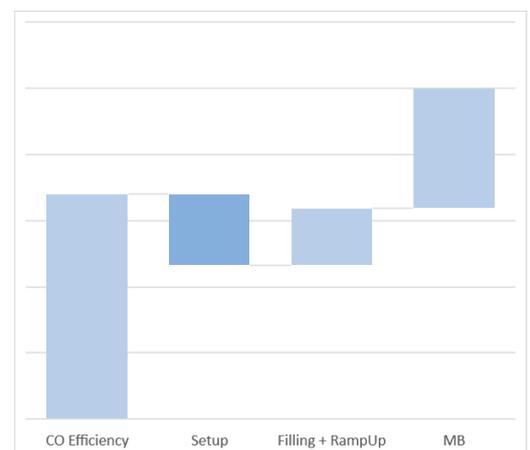


Figura 3: COE e fattori di inefficienza

Durante tutto il periodo di tirocinio in azienda è stata portata avanti un'analisi di dati relativi ai cambi tipo. A livello settimanale questi dati venivano usati per effettuare analisi di Pareto dei machine breakdown dei moduli di linea 4 avvenuti durante il cambio tipo, allo scopo di agire sui fermi più rilevanti sia in termini di ricorrenza che di complessità di ripristino del corretto funzionamento, in modo da non farli ripresentare. Questa metodologia, alla base del secondo livello, è stata portata avanti per tutto il periodo di svolgimento del tirocinio, e sono state attuate varie azioni correttive per diversi machine breakdown presentatisi.

6.2 Esempio di azione correttiva

Un esempio di intervento effettuato a seguito di questo tipo di analisi è l'introduzione di uno sbarramento al modulo OP70. Uno dei fermi più ricorrenti risultava infatti, dalle analisi di Pareto, quello di ripresa punti robot al modulo OP60. Riprendere i punti significa ridefinire da server le coordinate x, y e z del punto di prelievo e deposito pezzo perché il robot si trova in un'altra posizione rispetto a quella teoricamente definita, a causa di un crash con le parti meccaniche subito durante il suo movimento. Dopo aver installato una telecamera all'interno del modulo OP60, si sono studiate con tecniche di brainstorming le possibili cause di crash, costruendo un diagramma di Ishikawa. Abbiamo quindi deciso di intervenire sulla causa di crash più frequente, che risultava quella di presenza pezzo su tray di scarico, tramite l'introduzione di uno sbarramento (Figura 4) sul modulo OP70 tale da bloccare eventuali pezzi presenti sul nastro di ritorno e permettere il transito dei tray vuoti.



Figura 4: Sbarramento modulo OP70

È stato necessario modificare la changeover check list per aggiungere l'impostazione dell'altezza dello sbarramento, ed emettere una OPL (*One Point Lesson*) per informare gli operatori su come procedere. La figura 5 mostra l'andamento delle occorrenze cumulate su base settimanale del problema di ripresa punti robot al modulo OP60, si nota che il fenomeno è diminuito drasticamente in seguito alla modifica effettuata in calendar week 19.

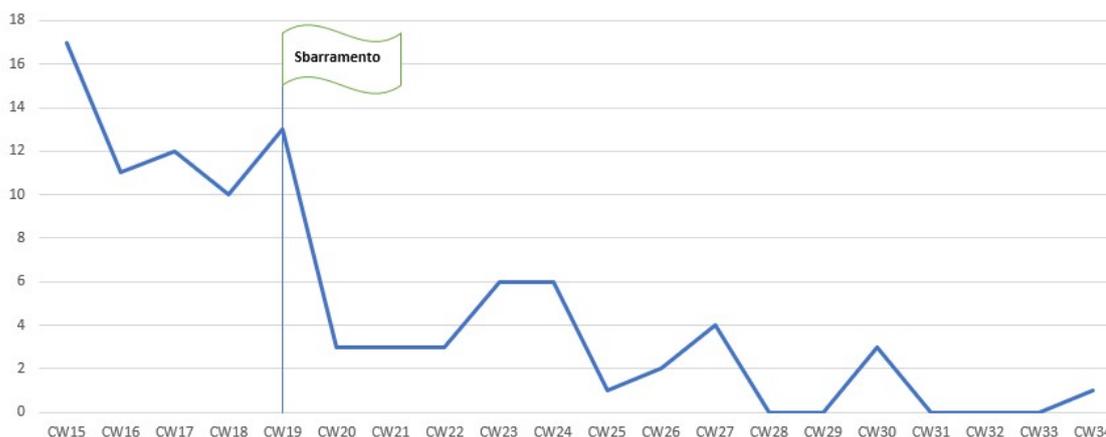


Figura 5: Andamento del fenomeno di ripresa punti OP60

7. Livello 3 - Applicazione della metodologia SMED

Il terzo livello su cui si basa il progetto è quello di applicazione delle fasi della metodologia SMED della Lean Manufacturing ai cambi tipo più complessi (i.e. C e D) di linea 4.

7.1 Fase 0 – Fase preliminare

Per prima cosa sono stati definiti i motivi dell'esecuzione della metodologia SMED. L'analisi è stata condotta al fine di ridurre il tempo necessario al cambio tipo, nell'ottica di migliorare l'OEE di linea 4, e di rendere più flessibile la programmazione della produzione permettendo alla logistica di avere meno vincoli nella scelta della sequenza dei test plan da produrre. In particolare, l'obiettivo che ci poniamo è quello di ridurre almeno del 20% la durata dei cambi tipo da RDU 2.0 a RDU 3.0 e viceversa (i.e. C e D), che sono quelli meno efficienti (con tempi di attrezzaggio più lontani dal tempo teorico per cui è stata progettata la linea). Questi infatti hanno attualmente una durata teoricamente compresa tra 34 e 54 minuti. Sono stati definiti i membri del team di sviluppo SMED ed è stata effettuata una mappatura completa della situazione di partenza: del processo di cambio produzione AS IS, delle persone coinvolte, dei documenti utilizzati.

7.2 Fase 1 - Separazione tra operazioni interne ed esterne

Si è scomposta la macroattività di set-up in operazioni elementari, mappandone il processo. Nella scomposizione sono state separate le operazioni interne (effettuate a macchina spenta) da quelle esterne (effettuate a macchina accesa). Le attività di set up vengono svolte parallelamente da tre risorse distinte: l'operatore 1, l'operatore 2 e il manutentore. Poiché al manutentore sono assegnate le attività più articolate, con una durata complessiva maggiore di quella degli altri, è lui a determinare la durata del cambio tipo. Vista la presenza di un collo di bottiglia, abbiamo ritenuto di fondamentale importanza andare anzitutto a bilanciare le attività in modo da rendere simile il carico tra gli operatori e abbassare così la durata complessiva del cambio tipo. Dopodiché siamo andati a studiare nel dettaglio le operazioni elementari a carico di ciascuno, con lo scopo di ridurre al minimo i movimenti e semplificare le attività, con priorità su quelle del manutentore. Durante l'osservazione sul campo dei cambi tipo si è preso nota dei movimenti di ognuno, cosicché tramite lo spaghetti chart si è studiata la dinamica per cercare percorsi "morti" da eliminare.

7.3 Fase 2 – Conversione da attrezzamento "interno" in attrezzamento "esterno"

Abbiamo fatto ricorso a due delle tre tecniche caratterizzanti la fase 2: preparazione anticipata delle condizioni operative e standardizzazione delle funzioni essenziali.

7.3.1 Preparazione anticipata delle condizioni operative

Sono stati eseguiti tre interventi di preparazione anticipata delle condizioni operative:

1. Il primo volto a eliminare il percorso a vuoto del manutentore verso la cassettera di linea 2 per prelevare il tampone di umettatura da sostituire nel modulo OP10 durante il cambio tipo. Abbiamo introdotto una postazione sul modulo OP10 per la preparazione anticipata del tampone (attività che da interna diventa esterna). La figura 6 mostra lo spaghetti chart del manutentore e il percorso a vuoto eliminato con la modifica.

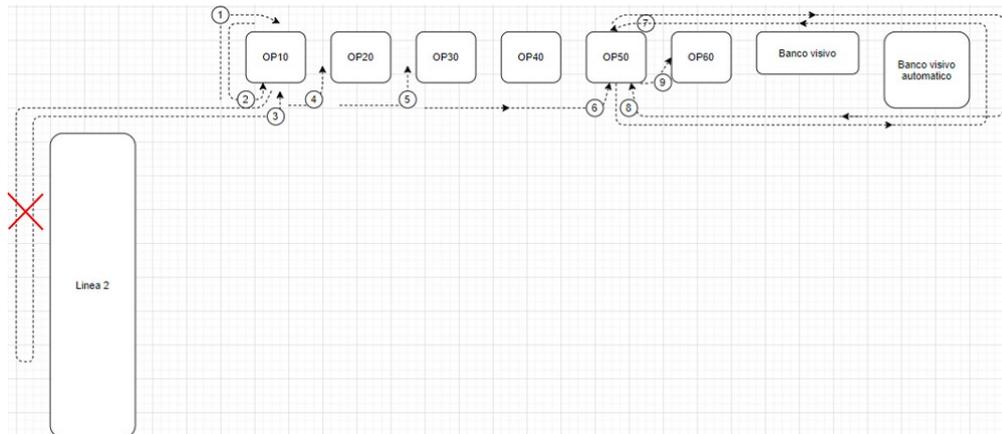


Figura 6: Spaghetti chart del manutentore

2. Il secondo con lo scopo di eliminare il tempo speso dagli operatori durante il cambio tipo per andare a prendere i nuovi master dalla cassettera e riportare i vecchi al loro posto. I master sono dei prodotti finiti conformi o non conformi che vengono fatti passare per verificare nel primo caso che la macchina non scarti il pezzo, nel secondo per accertarsi che riconosca la difettosità e scarti opportunamente il pezzo. Nella nuova configurazione è il controllo produzione (CP) che circa 25 minuti prima del cambio tipo va a prendere i master per farli trovare già pronti all'operatore al momento della sostituzione sul carrello del cambio tipo, sul quale abbiamo previsto degli appositi contenitori. È lo stesso CP che si occupa anche di riportare i vecchi master (lasciati dall'operatore dopo la sostituzione su un'apposita postazione prevista) nella cassettera di competenza. In questo modo l'attività diviene esterna e viene messo in ombra il tempo per andare a prendere i master, cercarli nelle cassettere e portarli sulla linea (modifica di figura 7).

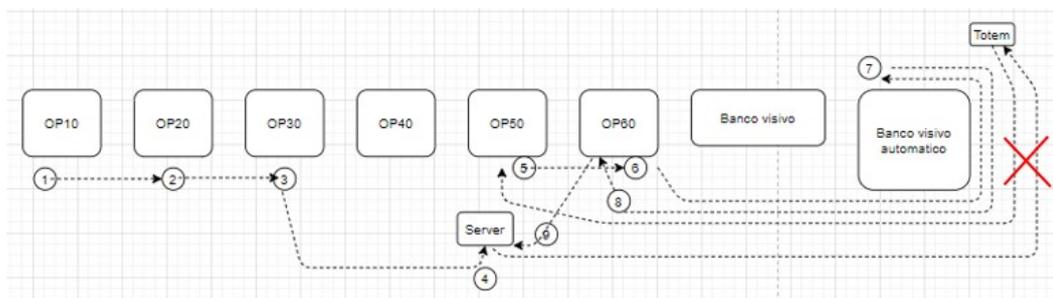


Figura 7: Spaghetti chart dell'operatore

3. Infine, l'operazione del manutentore di verificare il nest di umettatura al modulo OP20 è stata spostata a un momento antecedente il cambio tipo, in modo da farla diventare operazione esterna e non interna. Questo perché il manutentore impiegava del tempo a modulo fermo per verificarne ogni volta la necessità di sostituzione.

7.3.2 Standardizzazione delle funzioni essenziali

Un'altra modifica per semplificare il cambio tipo è quella di creare un unico deposito per gli scarti di fine linea (modulo OP60), ovvero standardizzato per tutti i prodotti. Al cambio tipo infatti l'operatore deve verificare che il tray su cui vengono scartati i pezzi sia idoneo anche per il nuovo test plan, altrimenti deve sostituirlo e mettere quello del nuovo test plan. L'operazione richiede circa tre minuti, per effettuare la verifica e in caso prelevare il nuovo tray e sostituirlo al precedente. Tramite l'introduzione del deposito scarti universale si elimina l'intera attività di verifica e sostituzione.

7.4 Fase 3 – Semplificazione di tutte le operazioni elementari di set – up

Nella terza fase dello SMED, che consiste nella semplificazione delle attività di set up, sono state applicate due delle cinque tecniche caratterizzanti la fase stessa: adottare operazioni in parallelo e utilizzare sistemi visuali.

7.4.1 Adottare operazioni in parallelo

Per bilanciare le operazioni di cambio tipo tra le risorse del turno, sono stati effettuati degli spostamenti di alcune attività, parallelizzando in particolare quelle del manutentore in modo da diminuirne la durata complessiva. Il vantaggio che ci aspettiamo deriva da due fattori: il primo dal fatto che bilanciamo il carico di lavoro tra le tre risorse quindi il tempo massimo che determina il tempo del set up si riduce, il secondo dal fatto che diminuendo le attività del manutentore, limitiamo direttamente il tempo di set up perché accade spesso che gli operatori abbiano già finito il loro attrezzaggio e attendano il manutentore, impegnato su interventi di linea 2, per avviare la linea. Sono stati effettuati i seguenti interventi:

1. posizionamento dello sbarramento all'OP70 passato dall'operatore 2 al banco del visivo.
2. preparazione maschere di carico del modulo OP60 dall'operatore 2 al banco del visivo.
3. sostituzione della contropunta di piantaggio gasket del modulo OP60 spostata dal manutentore all'operatore 2.
4. cambi meccanici OP50 spostati dal manutentore all'operatore 2. In questo caso, data la complessità dell'operazione, è stato necessario semplificarla introducendo un sistema di visual management che permettesse di inserire le reazioni con l'angolo corretto in modo da poterle cambiare con più facilità.

7.4.2 Sistemi visuali

La seconda tecnica utilizzata durante la fase 3 è quella di utilizzo di sistemi visuali allo scopo di semplificare le attività di set up, permettendo di ridurre o eliminare le perdite associate con la ricerca delle attrezzature e con il disordine. Quando il manutentore deve sostituire il nest di umettatura al modulo OP20, ci sono due tipologie di nest da poter montare dipendentemente dalla tipologia di test plan, la prima per i 90°, 60°, 30° e 15° e la seconda per il 180°. Abbiamo messo delle etichette a entrambi i nest con l'indicazione delle tipologie di test plan per le quali è adatto. In questo modo la strumentazione è assegnata a un'unica locazione ed è chiaramente indicata. Lo stesso è stato fatto per i nest di umettatura del modulo OP30.

8. Fase 4 – Documentazione del nuovo processo di attrezzamento

Sono state scritte le nuove procedure per le attività interne ed esterne aggiornando lo standard della changeover check list, dopodiché è stata effettuata la formazione a tutti gli operatori, per assicurarsi che le nuove procedure di lavoro venissero eseguite.

9. Conclusioni e risultati raggiunti

Il lavoro svolto in Vitesco Technologies ha avuto come obiettivo il miglioramento delle performance dei cambi produzione di linea 4 di assemblaggio RDU, nell'ottica di migliorare l'OEE della linea riducendo le perdite per changeover.

9.1 Risultati del primo livello

Dal primo livello abbiamo ottenuto una nuova modalità di definizione del piano di produzione volta a ottimizzare la sequenza di produzione minimizzando così il tempo perso nei set up.

9.2 Risultati del secondo livello

Dal secondo livello abbiamo ottenuto, oltre alla risoluzione dei vari problemi, una struttura automatizzata di raccolta e analisi dei dati relativi al cambio tipo, con lo scopo di identificare i fermi più ricorrenti e attuare azioni correttive. L'azienda potrà continuare a usarla in modo dinamico nel futuro per analizzare e migliorare le performance dei changeover.

9.3 Risultati del terzo livello

Dal terzo livello abbiamo ottenuto una riduzione di circa il 22% del tempo teoricamente impiegato per i cambi tipo C e D. In figura 8 si riporta un esempio di cambio tipo C, il cui tempo totale di set up passa da 36 minuti (prima dello SMED) a 28 minuti (dopo lo SMED), tempo massimo non più a carico del manutentore ma di uno dei due operatori.

