



UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI PADOVA

Dipartimento di Ingegneria Industriale
Dipartimento di Tecnica e Gestione dei Sistemi Industriali
Corso di laurea in Ingegneria Meccanica

Tesi di Laurea

La metodologia Single Minute Exchange of Die (SMED):

una rassegna della letteratura.

Relatore
Ch. mo Prof. Roberto Panizzolo

Laureando
Giovanni Schito

Anno Accademico 2011-2012

Alla mia Famiglia,

che mi è sempre stata vicina.

INDICE

INTRODUZIONE	1
--------------------	---

CAPITOLO PRIMO

LA STRUTTURA DELLA PRODUZIONE	5
1.1 Un profilo schematico della produzione	5
1.2 La relazione tra i processi e le operazioni.....	9
Sommaro.....	10

CAPITOLO SECONDO

LE OPERAZIONI DI SETUP NEL PASSATO	11
2.1 Giacenze in eccesso e produzione anticipata in eccesso.....	11
2.2 Strategie tradizionali per migliorare le operazioni di setup	12
2.3 Strategie che coinvolgono l'esperienza	14
2.4 Strategie che coinvolgono grandi lotti	15
2.5 Strategie basate sul lotto economico.....	17
2.6 Un punto debole nel concetto di lotto economico	20
Sommaro.....	21

CAPITOLO TERZO

FONDAMENTI DELLO SMED	23
3.1 La nascita dello SMED – Il primo incontro.....	23
3.2 Il secondo incontro.....	26

3.3 Il terzo incontro.....	27
3.4 Passaggi base della procedura di setup	29
3.5 Miglioramento del setup: stadi concettuali	30
3.5.1 Stadio preliminare	31
3.5.2 Stadio 1 : separare setup interno ed esterno	32
3.5.3 Stadio 2: convertire il setup da interno in esterno.....	33
3.5.4 Stadio 3: snellire tutti gli aspetti dell'operazione di setup.....	33
Sommario.....	34

CAPITOLO QUARTO

TECNICHE PER APPLICARE LO SMED	37
Stadi concettuali dello SMED.....	37
4.1 Stadio preliminare: il setup interno ed esterno non sono distinti	37
4.2 Stadio 1: separare il setup interno e quello esterno.....	38
4.2.1 Utilizzare una Checklist	38
4.2.2 Eseguire controlli di funzione	39
4.2.3 Migliorare il trasporto degli stampi e delle altre parti.....	40
4.3 Stadio 2: convertire il setup interno in setup esterno	41
4.3.1 Preparare le condizioni operative in anticipo.....	41
4.3.2 Standardizzazione della funzione.....	47
4.4 Terzo passaggio: snellire tutti gli aspetti dell'operazione di setup.....	57
Sommario.....	58

CAPITOLO QUINTO

APPLICARE LO SMED ALLE OPERAZIONI INTERNE.....	61
--	----

5.1	L'implementazione delle operazioni in parallelo	61
5.2	L'utilizzo di sistemi di fissaggio funzionali	63
5.2.1	Collegamenti effettuabili tramite un unico giro	64
5.2.2	Metodi a movimento unico	70
5.2.3	Metodi di interlocking.....	72
5.3	Eliminazione degli aggiustamenti.....	78
5.3.1	Rendere fisse le regolazioni numeriche	78
5.3.2	Linee centrali immaginarie e piani di riferimento	82
5.3.3	Il sistema del minimo comune multiplo.....	90
5.3.4	Meccanizzazione.....	104
	Sommario.....	109

CAPITOLO SESTO

ESEMPI BASE DELLO SMED	111
6.1 Presse per metalli	111
6.1.1 Presse a colpo singolo	111
6.1.2 Presse a stampo progressivo	117
6.1.3 Presse a trasferimento di stampo.....	121
6.2 Macchine per la formatura delle materie plastiche	123
6.2.1 Effettuare il setup degli stampi	123
6.2.2 Cambio delle resine.....	127
6.2.3 Cambio della linea di raffreddamento.....	130
6.2.4 Preriscaldamento degli stampi	130
Sommario.....	131

CAPITOLO SETTIMO

EFFETTI DELLO SMED	133
7.1 Tempo risparmiato utilizzando le tecniche SMED	133
7.2 Altri effetti dello SMED	133
Sommaio	149
BIBLIOGRAFIA	151

INTRODUZIONE

L'attuale situazione del mercato, caratterizzato da un ambiente sempre più competitivo e da una elevata variabilità della domanda, ha costretto le aziende a riconsiderare i propri obiettivi, a mutare i propri piani strategici e di conseguenza ad una ridefinizione del proprio sistema produttivo al fine di ricercare la necessaria reattività atta a rispondere con tempestività alle richieste del mercato stesso. Ciò, naturalmente, senza venire meno agli obiettivi di efficienza e qualità necessari ad una produzione a costi contenuti e ragionevoli. Tale concetto è una delle basi fondamentali della teoria Lean, la quale, grazie all'utilizzo di tecniche volte alla riduzione degli sprechi e all'ottimizzazione di ogni singola operazione della fase produttiva, si prefigge di ottenere i risultati tipici della produzione di massa, a fronte però di volumi molto più bassi caratterizzati da una amplissima varietà. Le principali difficoltà incontrate dalle aziende nella realizzazione di una produzione diversificata e di piccoli volumi risultano essere legate alle operazioni di setup a cui l'intera linea di produzione deve essere sottoposta a fronte di un cambio codice - calibratura, cambio degli utensili o degli stampi, etc. Operazioni di setup molto frequenti sono infatti necessarie per produrre una varietà di beni in piccoli lotti. 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, a loro volta, incidono sul prodotto aumentandone il prezzo o riducendo i margini di profitto. Anche se il numero di tali procedure non può essere ridotto, ciò non toglie che il primo passo che un'azienda dovrebbe compiere per aumentare la propria flessibilità sia proprio la diminuzione del tempo di setup stesso. Questo 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 sistema SMED, dove tale parola è l'acronimo di Single-Minute Exchange of Die. Il termine si riferisce a una teoria ed a delle tecniche per realizzare le operazioni di setup in meno di dieci minuti (in un

numero di minuti espresso da una sola cifra). Nonostante non tutti i setup possano essere letteralmente completati in un tempo in minuti espresso con una singola cifra, questo è lo scopo del sistema qui descritto, un sistema che può essere applicato in una percentuale estremamente alta di casi. Anche dove ciò non è possibile, sono comunque realizzabili, tramite le sue linee guida, delle drastiche riduzioni dei tempi di setup. 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 esempi concreti di tecniche di miglioramento che possono essere usati come spunto per l’implementazione della teoria SMED in azienda. Nonostante ciò, una semplice padronanza delle tecniche specifiche non è sufficiente ad assicurare una corretta implementazione del concetto di SMED. L’implementazione effettiva in una vasta varietà di situazione impiantistiche è possibile solamente quando si capisce pienamente l’intera gamma di teoria, principi, metodi pratici, e di tecniche concrete che si sono evolute tramite lo SMED.

Il capitolo 1 spiega la struttura della produzione e il ruolo del setup nel processo di produzione. Tutta la produzione è costituita da processi e operazioni. Quando gli elementi di base delle operazioni vengono analizzati in dettaglio, si nota come le operazioni di setup vengano svolte ad ogni passaggio di un processo di produzione.

Il capitolo 2 descrive la natura ed il significato delle operazioni di setup svolte nel passato e spiega la produzione diversificata di bassi volumi. Combinare una produzione diversificata di piccoli lotti con lo SMED, infatti, è il modo più efficace per ottenere una produzione flessibile e una produttività massima.

I capitoli dal 3 al 5 coprono i temi centrali fornendo la struttura teorica e le tecniche pratiche del sistema SMED. Il capitolo 3, in particolare, mostra come lo SMED si è evoluto distinguendo il setup interno, o IED (internal exchange of die) , dal setup esterno, o OED (external exchange of die). I quattro passaggi concettuali dello SMED sono così identificati: in una prima fase, IED e OED non sono distinti; successivamente, IED e OED vengono distinti; quindi, lo

IED viene convertito in OED; ed infine, tutti gli aspetti del setup sono rappresentati tramite un diagramma di flusso.

Nel capitolo 4, vengono descritte tecniche pratiche corrispondenti a questi quattro passaggi. Miglioramenti significativi del tempo di setup possono essere ottenuti ad ogni singolo passaggio descritto.

Il capitolo 5, invece, da un'occhiata più da vicino ai miglioramenti delle operazioni di setup interni, analizzando in dettaglio tre aree di miglioramento: l'implementazione di operazioni parallele, l'uso di metodi di fissaggio funzionali, e l'eliminazione delle regolazioni e degli aggiustamenti.

Il capitolo 6 descrive l'applicazione del sistema SMED alle presse metalliche e ai macchinari per la formatura delle materie plastiche. Vengono descritte tre tipi di presse metalliche: a colpo singolo, a stampo progressivo ed a trasferimento. Vengono poi esplorati quattro aspetti del setup delle macchine per la formatura delle materie plastiche: il setup dello stampo, il cambio delle resine, il cambio del sistema di raffreddamento, ed il preriscaldamento dello stampo.

Il capitolo 7 completa infine il nostro esame del sistema SMED dando un'occhiata agli effetti complessivi dello SMED. Mentre i tempi di setup ridotti e le migliorate capacità produttive vengono considerati come obiettivi primari, altri risultati finiscono per migliorare il vantaggio strategico di un'azienda in numerose aree, includendo la salute e la sicurezza, l'addestramento, i costi, i lead time ed il controllo della giacenza.

CAPITOLO PRIMO

LA STRUTTURA DELLA PRODUZIONE

1.1 Un profilo schematico della produzione

Le attività di produzione possono essere meglio comprese se vengono considerate come una rete di processi e di operazioni. (Figura 1.1)

Un processo è costituito da un flusso continuo tramite il quale i materiali grezzi vengono convertiti in beni finiti. Nell'operazione di creazione di un albero, per esempio, può essere osservata la seguente sequenza:

1. Immagazzinamento dei materiali grezzi in un magazzino.
2. Trasferimento dei materiali verso i macchinari.
3. Deposito degli stessi vicino ai macchinari.
4. Lavorazione degli stessi tramite i macchinari.
5. Immagazzinamento dei prodotti finiti vicino ai macchinari.
6. Ispezione dei prodotti finiti.
7. Immagazzinamento dei prodotti finiti per la spedizione ai clienti.

Nonostante il fatto che la struttura del flusso sia probabilmente più complessa in una industria reale, questa appena descritta costituisce una rappresentazione valida dell'intero processo di produzione.

Un'operazione, invece, è una qualunque azione eseguita da un essere umano, da una macchina, o per mezzo di un'attrezzatura su materiali grezzi, intermedi o su prodotti finiti. La produzione è quindi formata da una rete di operazioni e di processi, con una o più operazioni corrispondenti a ciascuno stadio del processo.

In seguito ad un'ulteriore riflessione diviene apparente che i processi di produzione possono essere divisi in quattro fasi distinte:

1. Lavorazione: assemblaggio, disassemblaggio, modifica della forma o della qualità.
2. Ispezione: paragone con uno standard
3. Trasporto: cambio di posto
4. Immagazzinamento: un periodo di tempo durante il quale non viene eseguito sul prodotto nessun lavoro, nessuna operazione di trasporto, o di ispezione.

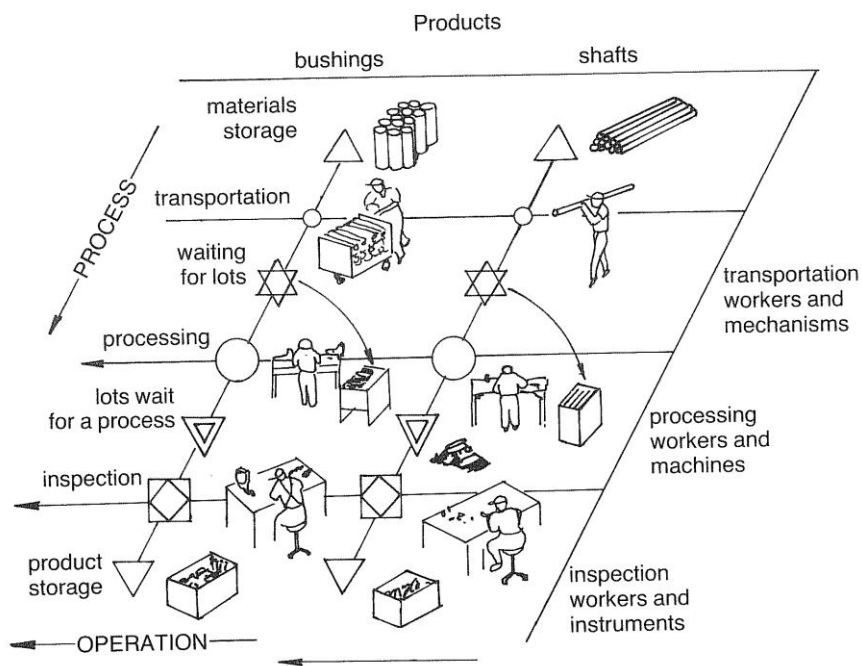


Figura 1.1 - Struttura della produzione

La fase stessa dell'immagazzinamento può essere suddivisa in quattro categorie:

1. Immagazzinamento dei materiali grezzi
2. Immagazzinamento del prodotto finito

3. Attesa di un processo: un intero lotto è in attesa perché una lavorazione sul lotto precedente non è ancora stata completata
4. Attesa di un lotto: mentre il primo pezzo di un lotto viene lavorato, i pezzi rimanenti devono aspettare per essere lavorati a loro volta

La struttura interna di una lavorazione può anche essere analizzata come segue: *Preparazione, aggiustamento successivo*. Queste operazioni sono eseguite una volta, prima e dopo la lavorazione di ciascun lotto. In questo contesto ci riferiremo ad esse come operazioni di setup.

Operazioni principali. Eseguite per ogni pezzo, queste operazioni si dividono in tre categorie:

1. *Operazioni essenziali*: la lavorazione effettiva del materiale
2. *Operazioni ausiliarie*: inserimento o rimozione degli utensili dai macchinari
3. *Operazioni marginali*: azioni che avvengono in modo irregolare come riposarsi, bere dell'acqua, la rimozione dei resti delle lavorazioni, la rottura dei macchinari, etc.

Le operazioni marginali possono essere ulteriormente suddivise in affaticamento, igiene, azione particolare (eseguita solo per una specifica operazione), e azione universale (eseguita per ogni operazione).

In tal modo, esistono diversi elementi base che possono essere combinati per formare delle operazioni. (Figura 1.2)

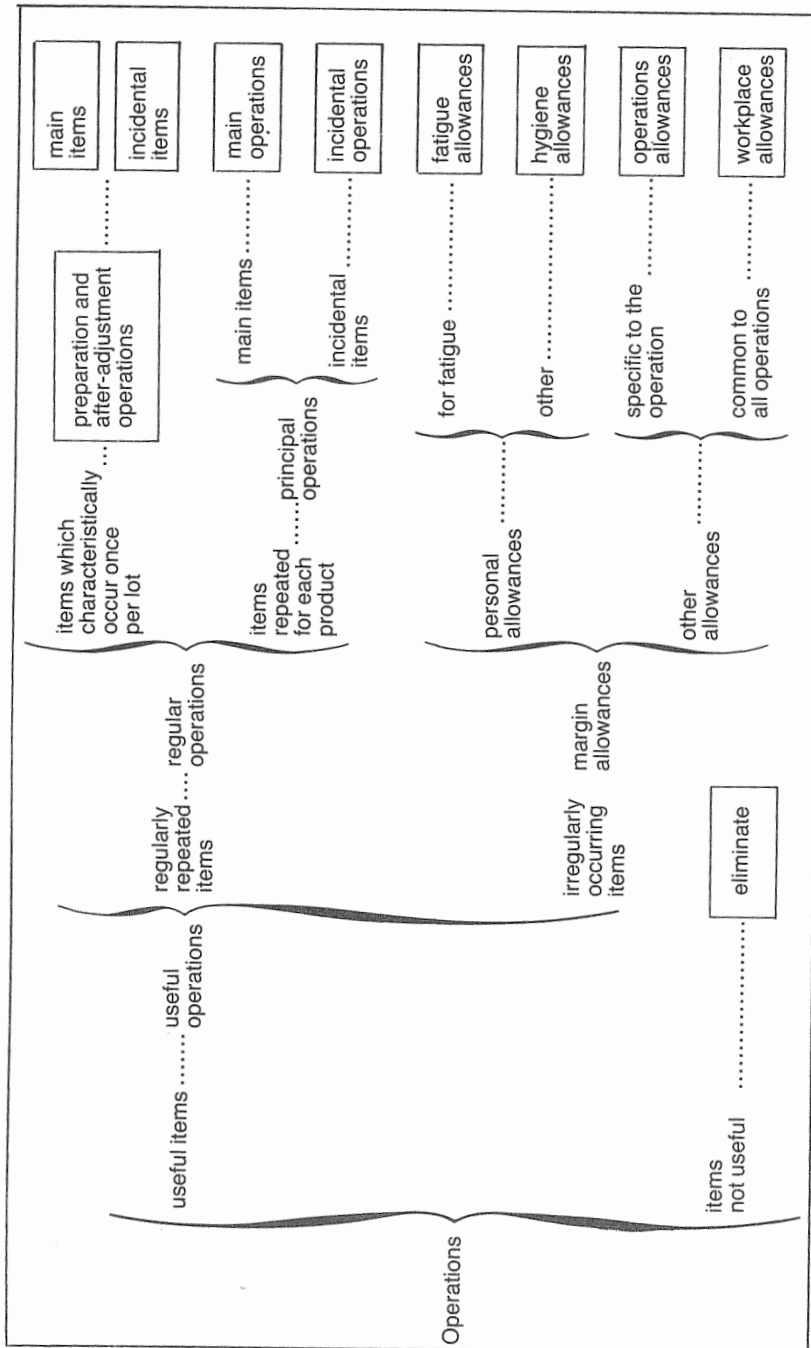


Figura 1.2 – Struttura delle operazioni

1.2 La relazione tra i processi e le operazioni.

Ogni fase del processo di produzione – lavorazione, ispezione, trasporto ed immagazzinamento – ha una operazione corrispondente. Il che significa che esistono operazioni di lavorazione, di ispezione, di trasporto e di immagazzinamento. (Figura 1.3) Ciascuna di queste operazioni, inoltre, ha 4 sottocategorie: di setup, essenziale, ausiliaria, e marginale. Di conseguenza esistono operazioni di setup, essenziali, ausiliarie, e marginali inerenti alla lavorazione, all'ispezione, al trasporto ed all'immagazzinamento.

Un'operazione essenziale, quindi, coinvolgerebbe, per esempio, le seguenti:

- Operazione di produzione: l'effettivo processo di taglio dell'albero
- Operazione di ispezione: la misurazione del diametro tramite un micrometro
- Operazione di trasporto: convogliare l'albero al processo successivo
- Operazione di immagazzinamento: immagazzinare l'albero su uno scaffale

La stessa analisi si applica ad operazioni di setup, a seconda che siano operazioni di setup di produzione, operazioni di setup di ispezione, operazioni di setup di trasporto, o operazioni di setup di immagazzinamento. Nonostante il fatto che in questo contesto l'enfasi principale sarà riposta sulle operazioni di setup di produzione, ciò che verrà detto è ugualmente applicabile alle operazioni di ispezione, di trasporto e di immagazzinamento.




























Process Operation		Work	Inspection	Transportation	Storage
		Preparation, After Adjustment Operations (Setup Operations)			
Principal Operations	Main Operations				
	Incidental Operations				
Margin Allowances	Fatigue Allowances				
	Hygiene Allowances				
	Operations Allowances				
	Workplace Allowances				

Figura 1.3 – Relazioni tra processi e operazioni

Sommario

Il concetto principale espresso in questo capitolo è che le attività di produzione comprendono processi ed operazioni, e che i setup sono necessari in ogni tipo di operazione.

CAPITOLO SECONDO

LE OPERAZIONI DI SETUP NEL PASSATO

2.1 Giacenze in eccesso e produzione anticipata in eccesso

Con una data di consegna che si avvicina velocemente, sarebbe imbarazzante scoprire dei prodotti difettati che causano una carenza della quantità pronta per la spedizione. Per evitare una simile carenza, potrebbero essere prodotti 330 pezzi per soddisfare un ordine di 300 pezzi. Se ad un successivo controllo solo 20 dei pezzi prodotti risultano difettati, allora rimarranno 10 pezzi non necessari. Nel caso in cui l'ordine non venga ripetuto, queste rimanenze dovranno essere buttate; spesso però sono tenute in giacenza con la speranza di ricevere un altro ordine delle stesse. Questa giacenza risultante dalla produzione di troppi beni, è chiamata *giacenza in eccesso*.

Un altro tipo di surplus, *produzione anticipata in eccesso*, risulta quando prodotti intermedi o finiti vengono prodotti prima che ce ne sia effettivamente bisogno. Tutti concordano sul fatto che sia dispendioso disporre di beni in quantità superiori a quelle necessarie, e la maggior parte dei manager fanno del loro meglio per evitare le giacenze in eccesso. Abbastanza stranamente, però, i beni che vengono prodotti prima che ce ne sia effettivamente bisogno – produzione anticipata in eccesso – spesso non sono considerati particolarmente indesiderabili.

Anzi, molte volte si prova addirittura un certo senso di sollievo nel non aver mancato una scadenza.

In questo contesto, i termini *magazzino* e *giacenza* si riferiranno di solito alla produzione anticipata in eccesso. Il termine *eccesso di giacenza* sarà usato per riferirsi a quantità di produzione che, per una ragione o per l'altra, sono più grandi del numero effettivo di unità necessarie per colmare gli ordini.

2.2 Strategie tradizionali per migliorare le operazioni di setup

Una gran quantità di manager aziendali considera la produzione diversificata di bassi volumi come la loro unica maggiore sfida. Questa visione, però, confonde le caratteristiche dell'offerta con quelle della domanda. Dal punto di vista della domanda, una produzione diversificata di bassi volumi significa che si desiderano molti tipi di prodotti, e la quantità di ogni dato tipo è bassa.

Per superare i problemi posti da una produzione diversificata, alcune compagnie hanno semplicemente scelto di produrre solo pochi tipi di prodotti e di poi cercare di stimolare una sufficiente domanda per gli stessi. La Volkswagen è un caso tipico. Per molto tempo, la Volkswagen ha prodotto solo un tipo di auto, il famoso "maggiolino". Nel mondo odierno della domanda diversificata, questa strategia riscontra un successo limitato. A dire il vero, successivamente la Volkswagen ha dovuto sviluppare una intera linea di auto e più in generale, diventerà sempre più difficile per l'intera industria automobilistica rallentare il ritmo della diversificazione mentre si cerca di stimolare una nuova domanda con frequenti cambi di modello. E mentre la produzione si diversifica, la quantità di ciascun modello diminuirà inevitabilmente.

Dovremmo, tuttavia, notare una importante caratteristica della domanda: la distinzione tra ordini singoli e ripetuti. Gli ordini singoli rappresenteranno sempre un problema perché richiedono sempre dei cambi di setup. Per gli ordini ripetuti – anche se ciascun ordine è piccolo - il numero delle operazioni di setup può essere ridotto combinando più lotti in uno unico. Sfortunatamente questa soluzione fa aumentare gli sprechi producendo troppo e troppo presto.

In corrispondenza delle caratteristiche della domanda descritte sopra, al lato dell'offerta (produzione) si richiedono numerose operazioni di setup per una produzione diversificata, e in piccoli lotti.

Nonostante il fatto che in un sistema di produzione diversificato debbano essere eseguite numerose operazioni di setup, ci troviamo di fronte a parecchie possibilità quando consideriamo il problema nei termini del setup stesso.

Come prima cosa, possono esserci degli elementi comuni nelle operazioni di setup. Sebbene i prodotti possano differire l'uno dall'altro, le dimensioni degli utensili e le parti utilizzate nella produzione possono rimanere costanti. Durante una visita a un impianto di produzione della Volkswagen, Shigeo Shingo ricorda di essere rimasto impressionato dal loro utilizzo degli elementi comuni nelle operazioni di setup. Nonostante un cambio di modello avesse necessitato una modifica nella forma del pannello della strumentazione, le componenti erano le stesse di prima: operando in qualsiasi condizione non c'era bisogno di un cambiamento della produzione. In situazioni come questa, i problemi di setup vengono ridotti considerevolmente.

In secondo luogo, possono esserci elementi di setup simili. Qualche volta i prodotti differiscono, tranne che per la forma base, per esempio, essa nel mandrino rimane costante. Se è sempre rotonda, e differisce solo per il diametro, allora l'unico cambio di setup richiesto è la regolazione delle ganasce del mandrino. Un setup in questo tipo di situazione è estremamente semplice.

Focalizzandoci sugli elementi comuni e simili del setup, classificando questi elementi, e scegliendo il giusto macchinario per ogni compito, è possibile ridurre in modo drastico le difficoltà del setup, anche se il numero delle operazioni di setup rimane lo stesso.

La produzione a piccoli lotti soffre dello svantaggio che non appena un'operazione inizia a sviluppare una certa velocità inerziale, la produzione deve essere sospesa e spostata all'operazione successiva. Strategie come la seguente dovrebbe essere adottate per affrontare questo problema:

- Eliminare il più possibile il bisogno di congetture migliorando le operazioni.
- Semplificare le operazioni attraverso la divisione del carico e cercando di minimizzare gli effetti della variazione dei ritmi di lavoro.

Se la domanda permette una produzione anticipata, i piccoli lotti possono inoltre essere combinati in lotti più grandi, riducendo così il numero di operazioni di setup.

In ogni caso, il problema reale che le fabbriche affrontano non è una produzione diversificata in bassi volumi, ma piuttosto una produzione che implica setup multipli e piccoli lotti. Dobbiamo quindi valutare il problema in maniera corretta e poi considerare le strategie efficaci per risolverlo.

2.3 Strategie che coinvolgono l'esperienza

Nelle operazioni tradizionali di produzione, i cambi di setup efficienti richiedono principalmente due caratteristiche:

- Una conoscenza approfondita della struttura, della funzione dei macchinari e dell'attrezzatura, così come una conoscenza approfondita degli utensili, dei taglienti, degli stampi, e delle maschere, etc.
- L'abilità nel montare e rimuovere questi oggetti e anche nel misurare, centrare, regolare e calibrare tali elementi dopo i tentativi di prova.

Come risultato, setup efficienti richiedono lavoratori altamente specializzati, e sebbene un macchinario semplice non rappresenti necessariamente un problema, la conoscenza specializzata di un "ingegnere di setup" (qualche volta detto "uomo setup") è obbligatoriamente richiesta quando il macchinario è complesso.

Mentre l'ingegnere di setup è impegnato nelle operazioni di attrezzaggio, l'operatore del macchinario esegue normalmente compiti vari come assistente dell'ingegnere, lavora su un altro macchinario, o in alcuni casi aspetta semplicemente. Tutte queste attività, comunque, sono inefficienti.

Si ritiene generalmente ed erroneamente che la modalità più efficace per eseguire i setup affronti il problema in termini di esperienza.

Nonostante molte compagnie abbiano direttive di setup progettate per aumentare il livello di abilità dei lavoratori, poche hanno implementato strategie che abbassino il livello di abilità richiesto dal setup stesso.

2.4 Strategie che coinvolgono grandi lotti

Le molteplici operazioni di setup hanno tradizionalmente richiesto una grande quantità di tempo, e le aziende produttrici hanno a lungo sofferto l'estrema inefficienza da ciò causata. Nonostante ciò fu trovata un'invenzione ingegnosa per risolvere questo problema: aumentare la dimensione dei lotti.

Se si riceve un ordine di grandi dimensioni, la produzione a grandi lotti non rappresenta problemi particolari perché l'effetto del tempo di setup è debole quando questo viene diviso per il tempo totale dell'operazione di produzione dell'intero lotto. Di conseguenza il tempo di setup ha solo un piccolo effetto sulla percentuale di lavoro.

Per ordini diversificati ed a basso volume, viceversa, l'impatto del tempo di setup è molto più grande. Quando la domanda prende la forma di ripetuti ordini diversificati a basso volume, le dimensioni dei lotti possono essere aumentate combinando più ordini e producendo in anticipo sulla domanda.

Se vengono aumentate le dimensioni dei lotti, il rapporto tra il tempo di setup e il numero di operazioni può essere ridotto grandemente.

Tempo di setup	Dimensione del lotto	Durata dell'operazione di produzione del singolo pezzo	Tempo totale	%	%
4 ore	100 pezzi	1 minuto	$1 + \frac{4 \times 60}{100} = 3,4 \text{ min}$	100	
4 ore	1000 pezzi	1 minuto	$1 + \frac{4 \times 60}{1000} = 1,24 \text{ min}$	36	100
4 ore	10000 pezzi	1 minuto	$1 + \frac{4 \times 60}{10000} = 1,024 \text{ min}$	30	83

Tabella 2.1 - Relazione tra il tempo di setup e la dimensione del lotto - I

Come mostra la Tabella 2.1 , aumentare la dimensione del lotto da 100 a 1.000 unità porta ad una riduzione del 64% delle ore di manodopera. Quando la dimensione del lotto viene aumentata di un altro fattore dieci, però, fino alle 10.000 unità, la relativa diminuzione delle ore di manodopera è del solo 17%. In altre parole, aumentare la dimensione di un lotto di piccole dimensioni conduce a una riduzione relativamente grande delle ore di manodopera, ma all'aumentare della dimensione la percentuale di riduzione di ore di manodopera diminuisce. Similarmente, i guadagni che si ottengono dall'aumentare la dimensione del lotto sono maggiori per i tempi di setup lunghi rispetto a quelli corti. (Tabella 2.2)

Tempo di setup	Dimensione del lotto	Durata dell'operazione di produzione del singolo pezzo	Tempo totale	%	%
8 ore	100 pezzi	1 minuto	$1 + \frac{8 \times 60}{100} = 5,8min$	100	
8 ore	1.000 pezzi	1 minuto	$1 + \frac{8 \times 60}{1.000} = 1,48 min$	26	100
8 ore	10.000 pezzi	1 minuto	$1 + \frac{8 \times 60}{10.000} = 1,048 min$	18	71

Tabella 2.2 - Relazione tra il tempo di setup e la dimensione del lotto - II

Nonostante questa legge dei resti sempre minori, la percentuale di riduzione aumenta se il tempo di setup passa da 4 a 8 ore. Maggiore è il tempo di setup, più efficaci sono i risultati dell'aumento delle dimensioni del lotto. Inoltre, aumentare le dimensioni del lotto di un fattore dieci corrisponde a combinare dieci operazioni di setup in una. Il risultato è un aumento sostanziale della percentuale di lavoro e della capacità produttiva. (Tabella 2.3)

Tempo di setup	Tempo di setup risparmiato	Giornata lavorativa	Giorni risparmiati
4 ore	$4 \times 9 = 36$ ore	8 ore	4,5
8 ore	$8 \times 9 = 72$ ore	8 ore	9

Tabella 2.3 - Relazione tra il tempo di setup e dimensione del lotto - III

I manager degli stabilimenti accolgono sempre a braccia aperte il doppio beneficio di questo aumento considerevole della potenza produttiva e di questa riduzione del bisogno di ore di manodopera.

In effetti, possiamo ben immaginare come questa sia la ragione principale per cui si preferisce una produzione a grandi lotti in officina. Utilizzando procedure di setup tradizionali, la produzione a grandi lotti sembra infatti essere il modo più semplice e più efficace per minimizzare gli effetti indesiderabili delle operazioni di setup.

2.5 Strategie basate sul lotto economico

La produzione in grandi lotti in risposta a ordini di dimensioni elevate funziona, ma se andiamo ad analizzare meglio la questione, la maggior parte della produzione in grandi lotti risulta in effetti dalla combinazione di ordini ripetuti di piccoli volumi di prodotti, e ciò non fa che aumentare la produzione anticipata in eccesso. Le giacenze vengono spesso considerate un male necessario, dato che ci sono così tanti vantaggi associati ad esse. Non di meno, dobbiamo tenere a mente che non importa quanto “necessarie” esse possano apparire, un male è sempre un male.

Diamo dunque un'altra occhiata ai vantaggi ed agli svantaggi di una produzione a grandi lotti:

Vantaggi

- Dato che il rapporto tra il tempo di setup e quello dell'operazione principale è minore, le ore di manodopera vengono apparentemente ridotte.
- Combinare le operazioni di setup riduce il numero di operazioni di setup, aumentando la percentuale di lavoro, e aumentando la produttività in modo proporzionale.
- L'esistenza di una giacenza facilita il livellamento del carico.
- La giacenza serve da cuscino, attenuando i problemi quando si verificano difetti di produzione o rottura di macchinari.
- La giacenza può essere utilizzata per colmare ordini dell'ultimo momento.

Svantaggi

- La percentuale di capitale di turnover diminuisce, e aumentano i carichi degli interessi.
- La giacenza stessa non produce valore aggiunto, così l'enorme spazio fisico da essa occupato è interamente sprecato.
- L'immagazzinamento della giacenza necessita l'installazione di scaffali, pallets, e così via, che concorrono tutti all'aumento dei costi. Quando la giacenza diviene troppo grande, vengono installate delle speciali scaffalature che permettono un inserimento ed un prelievo automatizzato. Alcune aziende sono orgogliose del proprio sistema di controllo automatizzato del magazzino, vantando il fatto che ogni pezzo possa essere prelevato in tre minuti o meno. Ciò in cambio richiede ore di lavoro manageriali per la gestione del magazzino. Nonostante tutto ciò venga chiamato “razionalizzazione”, in realtà è la razionalizzazione dello spreco piuttosto che la sua eliminazione.

- Il trasporto e l'immagazzinamento della merce richiede ore di lavoro di handling.
- Lotti di grandi dimensioni comportano lead time più lunghi. Come conseguenza, aumenta la discrepanza rispetto alla domanda progettata. Ciò porta a magazzini interni e a parti scartate. Inoltre, lunghi lead time possono significare il ritardo di nuovi ordini, e il mancato rispetto delle scadenze.
- Bisogna disporre delle giacenze se si hanno cambiamenti di modelli, vendendole a prezzi minori o eliminandole.
- La qualità della giacenza si deteriora nel tempo. La ruggine, per esempio, porta a dei costi inutili. Quando una merce diviene datata, infatti, il suo valore diminuisce.

Dati questi vantaggi e svantaggi, si può vedere come la produzione a grandi lotti generalmente abbassa i costi associati a lunghi tempi di setup, ma allo stesso tempo aumenta i costi associati all'aumento delle giacenze.

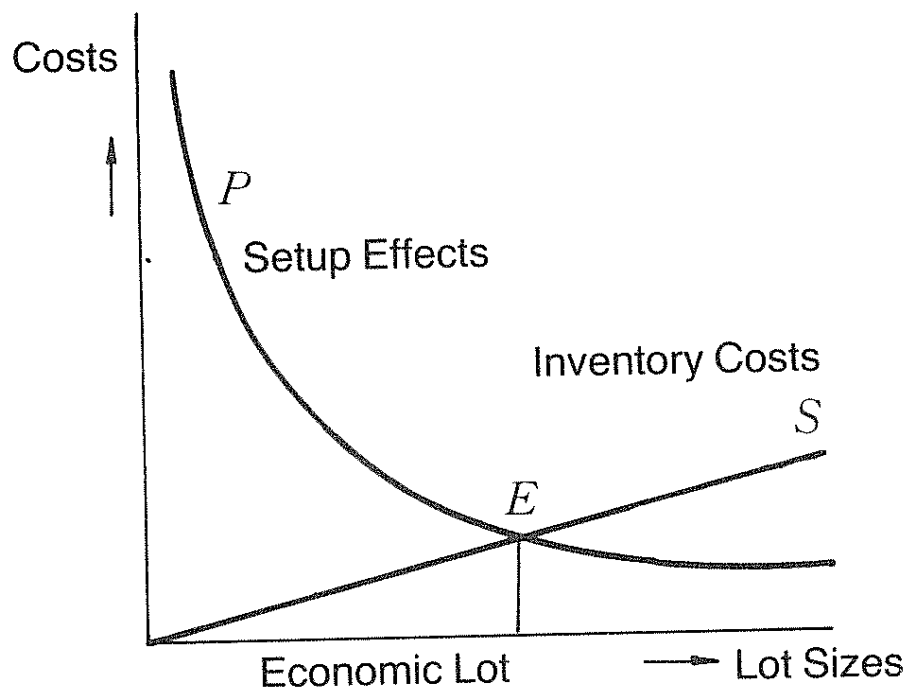


Figura 2.1 – Dimensione del Lotto Economico

Questa relazione è mostrata graficamente nella figura 2.1 dove una linea curva rappresenta gli effetti del setup (P), una linea retta rappresenta la giacenza (S) e il loro punto d'intersezione (E) rappresenta ciò che gli accademici chiamano lotto economico. Questo è il punto in cui i vantaggi e gli svantaggi del setup e della giacenza risultano bilanciati.

2.6 Un punto debole nel concetto di lotto economico

Non c'è dubbio che il concetto di lotto economico è in teoria interamente corretto. Però questo concetto nasconde un enorme punto debole: l'assunzione non formulata che una drastica riduzione dei tempi di setup non sia possibile.

Se un tempo di setup fosse ridotto a tre minuti – e l'adozione del sistema SMED ha reso ciò effettivamente possibile – allora anche senza aumentare la dimensione del lotto, la percentuale di ore di setup rispetto all'operazione principale potrebbe essere estremamente piccola. In questo caso, i tentativi di mitigare gli effetti del tempo di setup producendo in grandi lotti sarebbero senza valore. Come esempio, esaminiamo gli effetti dell'aumento della dimensione del lotto di un fattore dieci su una operazione il cui tempo di setup sia di tre minuti. (Tabella 2.4)

Tempo di setup	Dimensione del lotto	Durata dell'operazione di produzione del singolo pezzo	Tempo totale	%
3 minuti	100 pezzi	1 minuto	$1 + \frac{3}{100} = 1,03min$	100
3 minuti	1.000 pezzi	1 minuto	$1 + \frac{3}{1.000} = 1,003 min$	97

Tabella 2.4 – Realazione tra il tempo di setup e la dimensione del lotto - IV

In questo caso la riduzione delle ore di manodopera sarebbe del solo 3%.

Inoltre, combinando 10 lotti, il risparmio di tempo di setup risultante sarebbe:

$$3 \text{ minuti} \times (10 - 1) = 27 \text{ minuti}$$

Se consideriamo un giorno di lavoro pari a otto ore, la riduzione è di soli 0,06 giorni. Supponiamo, tuttavia che il tempo di setup fosse precedentemente di quattro ore. Ridurre questo tempo a tre minuti costituirebbe un enorme aumento sia della percentuale lavorativa sia della capacità produttiva. In aggiunta, la giacenza può essere mantenuta a un minimo dato che non ci sarebbero ostacoli ad una produzione a piccoli lotti: la questione del lotto economico di conseguenza non viene più neanche presa in considerazione. Questo è il motivo per cui è stato recentemente detto che con lo sviluppo del sistema SMED, il concetto della dimensione del lotto economico è scomparso dall'agenda del profit-engineering.

In effetti, il concetto stesso di lotto economico era un modo di evitare il problema e non un approccio positivo per migliorare la produzione.

Inoltre, da quando lo Smed permette di ridurre sostanzialmente il livello di abilità richiesta per le operazioni di setup, il bisogno di lavoratori esperti in tali operazioni è stato in gran parte eliminato. Così è svanito una volta per tutte il mito che il miglior modo per risolvere i problemi di setup fosse tramite l'esperienza e servendosi di una produzione a grandi lotti.

Sommario

L'espressione produzione diversificata di basso volume confonde le caratteristiche dell'offerta e della domanda. Rendendo chiara la differenza tra le due, possiamo determinare che tipo di metodi di produzione servono ad ottimizzare la produttività.

In passato, i miglioramenti del setup erano ottenuti per mezzo dell'esperienza e della produzione a grandi lotti. Il concetto di dimensione del lotto economico fu introdotto per controbilanciare l'effetto delle crescenti giacenze. Il lotto economico era considerato un approccio ottimamente razionale.

In realtà, esiste un importante punto debole nel concetto di lotto economico: l'assunzione che una drastica riduzione dei tempi di setup sia impossibile. Il lotto economico ha perso la sua intera ragione di esistere quando il sistema SMED venne sviluppato.

CAPITOLO TERZO

FONDAMENTI DELLO SMED

3.1 La nascita dello SMED – Il primo incontro

Nella primavera del 1950, Shingo condusse un'indagine per il miglioramento dell'efficienza presso gli stabilimenti Mazda della Toyo Kogyo ad Hiroshima, che producevano al tempo veicoli a tre ruote. La Toyo voleva eliminare i colli di bottiglia causati dalle grandi presse per stampaggio – presse da 350, 750, e 800 tonnellate – che non stavano lavorando a piena capacità. Shingo condusse immediatamente una ispezione sul campo, e poi fece la seguente richiesta al manager della sezione responsabile della produzione: il permesso di fare una analisi di produzione di una settimana per mezzo di un cronometro in modo tale da riuscire a farsi un'idea del lavoro svolto da queste presse. Questi rispose che sarebbe stato uno spreco di tempo: sapeva già che le presse erano la causa dei colli bottiglia e aveva assegnato i suoi impiegati più esperti e scrupolosi a lavorare su di esse. Stava facendo lavorare le presse di continuo e sentiva che l'unico modo per migliorare ulteriormente la produttività sarebbe stato comprare più macchine, cosa che sperava esattamente il top management avrebbe fatto. Shingo non era molto convinto di ciò, e richiese il permesso di fare lo stesso un'analisi con la promessa che, se fosse risultato che non esistevano altri modi per eliminare i colli di bottiglia, allora avrebbe consigliato ai manager di comprare le macchine. Con tale argomentazione, ottenne finalmente il permesso di condurre un'indagine conoscitiva. Al terzo giorno, ci fu un cambio stampo sulla pressa da 800 tonnellate. I lavoratori rimossero il vecchio stampo e dopo iniziarono a correre tutt'attorno al posto di lavoro. Shingo chiese all'operatore cosa stava succedendo. Questi gli rispose che uno dei bulloni di montaggio del nuovo stampo era assente. Era sicuro che fossero tutti insieme allo stampo, ma non riusciva a trovare l'ultimo e lo stava cercando

dappertutto. Sapendo che, una volta trovato il bullone, questi sarebbe ritornato allo stampo Shingo si sedette vicino alla macchina ed aspettò. Dopo più di un'ora, l'operatore tornò indietro di corsa, fradicio di sudore e brandendo un bullone nella sua mano destra. Interrogato da Shingo se l'avesse finalmente trovato questi rispose che in verità non l'aveva trovato. Aveva preso in prestito un bullone più lungo dallo stampo di un'altra macchina. L'aveva tagliato per accorciarlo, e dopo l'aveva filettato. Ecco perché c'aveva messo tanto e sicuramente non era stata un'operazione facile. Shingo gli disse alcune parole di amichevole incoraggiamento, ma un pensiero improvviso iniziò a preoccuparlo. Ora che aveva tagliato il bullone della lunghezza giusta per questa macchina, cosa avrebbe fatto quando avrebbe dovuto eseguire il setup della macchina da cui l'aveva preso? Alla domanda di Shingo se questo tipo di cose succedessero spesso questi rispose, che era solo qualcosa che dava loro problemi ogni tanto. Come mostra la figura 3.1, la pressa più grande era impiegata effettivamente nell'operazione di produzione principale per meno del 3% dell'intera giornata.

A Shingo fu chiaro in quel momento che le operazioni di setup sono fondamentalmente di due tipi:

- Internal setup (IED e cioè operazioni di setup interne), come montare o rimuovere gli stampi, cose che possono essere fatte solo a macchina ferma.
- External setup (OED e cioè operazioni di setup esterne), come trasportare i vecchi stampi al magazzino o portarne di nuovi nei pressi della macchina, cose che possono essere fatte mentre la macchina è in funzione.

Preparare i bulloni era un'operazione esterna. Era senza senso fermare l'operazione di una pressa da 800 tonnellate perché mancava un bullone. Tutto ciò che dovevano fare era stabilire una procedura di setup esterno: verificare che i bulloni necessari fossero pronti per il setup successivo.

Content of Operation	Setup		Main Operation		Margin Allowances			Important Points for Reexamination				
	Preparation After-Adjustment	Essential Operation	Auxiliary Operation	Hygiene	Fatigue Oper.	Workplace	Preparation & After-Adjustment	Workplace Allowances				
800-ton press	47.0%	3.0%	24%	1.0%	5.0%	14.0%	die transportation securing die adjusting removing die miscellaneous	material transport. waiting crane material cooling assist adjacent press miscellaneous	869 2940 5475 1789 610	3.5 11.7 21.7 7.2 2.4	574 776 902 34 1162	2.3 3.1 3.6 0.1 4.6
	46.3	4.27	23.6	0	1.84	16.65	die transportation securing die adjusting removing die misc.	material transport. waiting crane misc.	1469 2033 5968 307 1963	5.3 8.2 23.5 1.2 7.9	2231 356 1599	8.3 1.4 6.4
750-ton press	23.5	0	15.8	0	13.2	42.6	die transportation preparing and securing part adjusting removing die misc.	loading & unloading (material & products) waiting for preparation & after-adjustment waiting for main operation misc.	1633 727 1912 507 224	6.5 2.9 7.6 2.0 1.0	3711 5635 701 380	14.8 22.0 2.8 1.5
	40.0	9.0	27.0	0	2.0	9.0	die transportation securing die adjusting removing die misc.	material transport. waiting crane misc.	2000 2849 3424 799 1699	7.9 11.3 13.6 7.2 6.7	105 1220 56	0.6 4.8 0.2
300-ton press												

Figura 3.1 – Analisi di produzione di una pressa di grandi dimensioni

Stabilirono un processo per suddividere in modo approfondito tutti i bulloni e per mettere quelli necessari in delle scatole. Migliorarono inoltre l'intera procedura realizzando esternamente tutti i possibili aspetti del setup. Ciò aumentò l'efficienza di circa il 50%, e il collo di bottiglia sparì.

Sempre a partire da questo episodio, Shingo ha utilizzato la linea di condotta di distinguere chiaramente tra setup interno ed esterno. Così l'appena nato concetto di SMED fece i suoi primi passi alla Toyo Kogyo.

3.2 Il secondo incontro

Nell'estate del 1957, a Shingo fu richiesto di realizzare uno studio presso il cantiere navale delle Mitsubishi Heavy Industries. Quando chiese al manager dell'impianto, Matsuzo Okazaki, quale fosse il problema, questi gli disse che una grande piallatrice utilizzata per la lavorazione dei basamenti dei motori diesel non stava lavorando a piena capacità e che voleva che l'operazione fosse snellita. Dopo aver fatto un'analisi di produzione, Shingo realizzò che la procedura di centraggio e dimensionamento del basamento del motore veniva effettuata sulla slitta scorrevole della piallatrice stessa. Ciò riduceva enormemente la percentuale operativa. Mentre discuteva di ciò con il signor Okazaki, a Shingo venne improvvisamente un'idea: perché non installare una seconda slitta scorrevole e realizzare separatamente l'operazione di setup su di essa? In quel modo, potevano cambiare le slitte mentre passavano da un lotto all'altro, e ci sarebbe stata una riduzione significativa dell'ammontare del tempo in cui l'operazione pianificata veniva interrotta per ciascun setup. Il signor Okazaki fu d'accordo subito su questo cambiamento. Nella sua visita successiva alla fabbrica trovò che l'ulteriore slitta della piallatrice era stata completata. Questa soluzione si risolse in un aumento della produttività del 40%. Il signor Okazaki e Shingo stesso erano estatici e si congratularono per il loro risultato, nonostante ciò Shingo continuava a pentirsi di una cosa. Se

avesse capito allora la notevole importanza di convertire un setup interno in uno esterno, il concetto di SMED sarebbe stato perfezionato una dozzina di anni prima.

3.3 Il terzo incontro

Nel 1969, Shingo visitò l'officina dell'impianto principale della Toyota Motor Company. Il signor Sugiura, il manager della divisione, gli disse che avevano una pressa da 1.000 tonnellate che richiedeva un tempo di 4 ore per ogni cambio di setup. La Volkswagen in Germania, invece, stava realizzando i setup su una pressa simile in 2 ore, e il management aveva dato chiare istruzioni al signor Sugiura di ottenere un tempo migliore. Insieme al caporeparto ed al manager dell'impianto, Shingo si accinse a vedere cosa potesse venire fatto. Dedicarono un'attenzione particolare al distinguere tra setup interno ed esterno (IED e OED), cercando di migliorare ciascuno in maniera separata. Dopo sei mesi riuscirono a ridurre i tempi di setup a novanta minuti. Erano tutti soddisfatti di questo successo, ma quando Shingo rivisitò l'officina il mese seguente, il signor Sugiura aveva delle notizie assai sorprendenti. La direzione gli aveva dato ordine di ridurre ulteriormente il tempo di setup a meno di tre minuti! Per un istante Shingo fu sordo a questa richiesta. Ma successivamente fu colpito da un'ispirazione: perché non convertire lo IED in OED? Una quantità di pensieri si susseguì in rapida successione. Shingo elencò su una lavagna da conferenze 8 tecniche per accorciare i tempi di setup. Usando questo nuovo concetto, furono in grado di raggiungere l'obiettivo dei tre minuti dopo tre mesi di impegno diligente. Nella speranza che ogni setup potesse essere realizzato in meno di dieci minuti, rinominò questo concetto “single minute exchange of die” o SMED. Lo SMED venne più tardi adottato da tutti gli impianti Toyota e continuò ad evolversi come uno dei principali elementi del Toyota Production System. Il suo utilizzo si è ora diffuso a compagnie di tutto il Giappone e del mondo intero. Il signor Taiichi Ohno, in

precedenza vicepresidente presso la Toyota Motor Company e ora consulente, ha scritto in un articolo apparso sulla rivista Management, pubblicata dalla Japan Management Association, nel giugno del 1976 e intitolato “Bringing Wisdom to the Factory” a proposito dello SMED:

Fino a 10 anni fa, la produzione nella nostra azienda aveva luogo quanto più possibile durante le ore di lavoro regolari. I cambi dei taglienti, delle punte da trapano e simili erano relegati alla pausa di mezzogiorno o alla sera. Avevamo la linea guida di sostituire i taglienti ogni 50 pezzi. Tuttavia con l'aumentare della produzione negli ultimi dieci anni, gli operatori si sono spesso trovati a lesinare il tempo necessario per queste sostituzioni. Per la rettificatrice in particolare, per sostituire i vari taglienti e gli altri utensili era necessaria mezza giornata. Dato che la produzione pomeridiana si doveva fermare ogniqualvolta veniva fatta una sostituzione in un giorno della settimana, gli operai erano costretti a lavorare la domenica successiva.

Ciò era antieconomico e quindi inaccettabile. Dato che inoltre volevamo eseguire la manutenzione durante le ore di lavoro, iniziammo a studiare il problema di come i cambi di setup potessero essere realizzati in un periodo di tempo molto breve. Shigeo Shingo, della Japan Management Association, stava propugnando lo “single-minute setup changes” e sentimmo che questo concetto potesse esserci di grande aiuto. Succedeva che dopo aver speso mezza giornata per il setup, la macchina potesse essere utilizzata per soli dieci minuti. Ora, uno potrebbe pensare che dato che il setup impiegava mezza giornata, la produzione dovesse continuare per almeno una pari durata. Ciò, però, ci avrebbe lasciato con un sacco di prodotti finiti che non avremmo mai potuto vendere. Ora stiamo cercando di ridurre i tempi di setup a una questione di secondi. Di sicuro ciò è più facile a dirsi che a farsi. In qualche modo, però, dobbiamo ridurre il tempo totale necessario per i cambi di setup.

Questo passaggio sottolinea l'impatto delle riduzioni dei tempi di setup sul miglioramento delle attività di produzione nell'insieme. Lo sviluppo del concetto di SMED impiegò 19 anni in tutto. Risultò dal culmine della sempre

più approfondente visione di Shingo degli aspetti pratici e teorici del miglioramento del setup. Il tocco finale fu stimolato dalla richiesta fatta dalla Toyota Motor Company di ridurre il tempo di setup di una pressa da 1,000 tonnellate da 4 ore a 90 minuti. Bisogna rimarcare che lo SMED è basato sulla teoria e su anni di sperimentazioni pratiche. Esso è un approccio scientifico alla riduzione del tempo di setup che può essere applicato in ogni tipo industria e ad ogni fabbrica.

3.4 Passaggi base della procedura di setup

Le procedure di setup sono di solito pensate di una varietà infinita, a seconda del tipo di operazione e del tipo di attrezzatura utilizzata. Nonostante ciò quando queste procedure vengono analizzate da un punto di vista differente, si può vedere che tutte le operazioni di setup comprendono una sequenza di passi. Nei cambi di setup tradizionali la distribuzione del tempo è spesso quella mostrata in Tabella 3.1.

Operazione	Tempo in %
Preparazione, regolazione successiva al processo, e controllo del materiali e degli utensili, etc	30%
Montaggio e rimozione dei taglienti, degli utensili, delle parti	5%
Misurazioni, regolazioni, e calibrazioni	15%
Test di prova e regolazioni	50%

Tabella 3.1 – Passaggi della procedura di setup

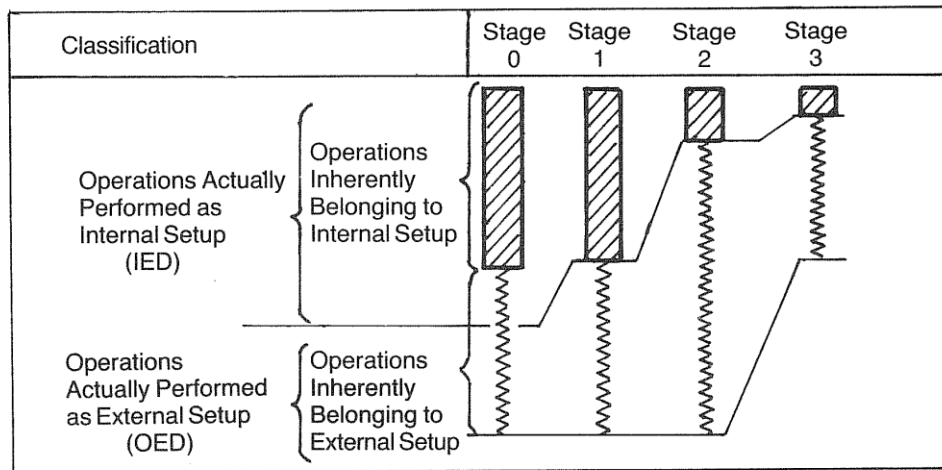
Esaminiamo ciascuno di questi passaggi in dettaglio.

- Preparazione, regolazione successiva al processo, e controllo dei materiali e degli utensili, etc. Questo passaggio assicura che tutte le parti e gli utensili siano dove dovrebbero essere e che funzionino correttamente. In questo passaggio è incluso inoltre l'intervallo di tempo dopo la lavorazione in cui questi oggetti sono rimossi e riposti nei magazzini, la macchina viene pulita, etc.
- Montaggio e rimozione dei taglienti, degli utensili, delle parti, etc. Questo include la rimozione delle parti e degli utensili dopo il completamento della lavorazione e della installazione delle parti e degli utensili per il lotto seguente.
- Misurazioni, regolazioni, e calibrazioni. Questo passaggio si riferisce a tutte le misurazioni e calibrazioni che devono essere eseguite al fine di eseguire un'operazione di produzione, come il centraggio, il dimensionamento, la misura della pressione o della temperatura, etc.
- Prove e regolazioni. In questi passaggi, le regolazioni vengono eseguite dopo che un pezzo di prova è stato lavorato. Maggiore è l'accuratezza delle misure e delle calibrazioni del passaggio precedente, e più facili saranno queste regolazioni.

La frequenza e la durata di queste prove e di queste procedure di regolazione dipendono dall'abilità dell'ingegnere che si occupa del setup. La difficoltà maggiore in un'operazione di setup consiste nella regolazione corretta dell'attrezzatura. La grande percentuale di tempo associata alle prove deriva da questi problemi di regolazione. Se vogliamo rendere più semplici le prove e le regolazioni, dobbiamo capire che l'approccio più efficace è quello di aumentare la precisione delle misure e delle calibrazioni precedenti.

3.5 Miglioramento del setup: stadi concettuali

Gli stadi concettuali coinvolti nei miglioramenti del setup sono mostrati in figura 3.2.



Setup Procedures: Basic Steps	Stage 0		Stage 1		Stage 2		Stage 3	
	IED	OED	IED	OED	IED	OED	IED	OED
Preparation and Function Checks of Raw Materials, Tools and Attachment Devices	~~~~~			~~~~~	~~~~~			~~~~~
Attachment & Removal of Dies, Blades, etc.	■		■		■	~	■	
Centering, Dimensioning, Setting Operating Conditions	■		■		■	~	■	~
Trial Processing, Adjustments	■	■	■	■	■		■	
Total	■	~~~~~	■	~~~~~	■	~~~~~	■	~~~~~

Figura 3.2 - Passaggi concettuali per il miglioramento del setup

3.5.1 Stadio preliminare: le condizioni di setup interno ed esterno non sono ancora distinte

Nelle operazioni di setup tradizionali, ciò che potrebbe essere fatto esternamente viene fatto come setup interno, e le macchine di conseguenza rimangono inutilizzate per periodi prolungati. Nel pianificare l'implementazione dello SMED, si devono studiare in grande dettaglio le condizioni effettive dell'officina. Un'analisi della produzione continua realizzata tramite cronometro è probabilmente l'approccio migliore. Una tale analisi, però, occupa una grande quantità di tempo e richiede grande esperienza. Un'altra possibilità è servirsi di uno studio di campionamento del lavoro. Il problema in questo caso è che i campioni di lavoro sono precisi solo quando esiste una grande ripetitività. Uno studio simile può non essere adatto quando poche azioni vengono ripetute. Un terzo approccio utile è studiare le condizioni effettive dell'officina intervistando gli operai. Un metodo ancora migliore è filmare l'intera operazione di setup. Ciò è estremamente efficace se il filmato viene mostrato agli operai subito dopo che il setup è stato completato. Dare agli operai la possibilità di esternare il loro punto di vista spesso porta a delle intuizioni sorprendentemente ingegnose ed utili. In molti casi queste intuizioni possono essere applicate immediatamente. In ogni caso, anche se alcuni consulenti promuovono analisi continue e approfondite della produzione con lo scopo di migliorare il setup, la verità è che l'osservazione informale e la discussione con gli operai è spesso sufficiente.

3.5.2 Stadio 1 : separare setup interno ed esterno

Il passo più importante nell'implementazione dello SMED è distinguere tra setup interno ed esterno. Tutti concordano sul fatto che la preparazione delle parti, la manutenzione e così via, non dovrebbero essere fatti mentre le macchine sono ferme. Nonostante ciò, è assolutamente sorprendente osservare

quanto spesso è quello che succede in realtà. Se invece facciamo un tentativo scientifico di trattare quanto più possibile dell'operazione di setup come un setup esterno, allora il tempo necessario per il setup interno – realizzato a macchina ferma – può essere di solito ridotto del 30%-50%. Padroneggiare la distinzione tra setup interno ed esterno è dunque il passaporto per ottenere lo SMED.

3.5.3 Stadio 2: convertire il setup da interno in esterno

Abbiamo appena spiegato che il tempo di setup normale può essere ridotto del 30%-50% separando le procedure di setup interno ed esterno. Ma anche questa enorme riduzione può essere insufficiente per ottenere l'obiettivo dello SMED. Il secondo stadio – convertire il setup da interno ad esterno – coinvolge due importanti nozioni:

- Riesaminare le operazioni per vedere se qualcuno dei passaggi è stato erroneamente assunto come setup interno
- Trovare dei modi per convertire questi passaggi in setup esterni

Gli esempi possono includere il preriscaldare degli elementi che in precedenza venivano riscaldati solo dopo l'inizio dell'operazione di setup, e il convertire il centraggio in una procedura esterna eseguendolo prima dell'inizio della produzione. Operazioni che vengono ora svolte come setup interni possono essere convertite in setup esterni riesaminando la loro funzione reale. E' estremamente importante adottare nuove prospettive che non siano legate a vecchie abitudini.

3.5.4 Stadio 3: snellire tutti gli aspetti dell'operazione di setup

Nonostante il range del single-minute possa essere occasionalmente raggiunto convertendo i setup interni in setup esterni, ciò non è vero nella maggioranza dei casi. Questo è il motivo per cui dobbiamo fare un tentativo concertato di snellire ciascuna operazione elementare di setup interno ed esterno. Quindi lo stadio 3 richiede un'analisi dettagliata di ciascuna operazione elementare. Gli esempi successivi derivano dalle riuscite applicazioni degli stadi 1, 2, e 3.

- Presso la Toyota Motor Company, il setup interno di una macchina per creare i bulloni – che in precedenza richiedeva 8 ore – è stato ridotto a 58 secondi.
- Presso le Mitsubishi Heavy Industries, il tempo di setup interno di una macchina alesatrice a sei assi - che richiedeva in precedenza 24 ore – è stato ridotto a 2 minuti e 40 secondi.

Gli stadi 2 e 3 non necessitano di essere eseguiti in modo sequenziale; possono essere quasi simultanei. Qui sono stati separati per mostrare che coinvolgono due nozioni distinte: l'analisi e l'implementazione.

Sommario

Lo SMED è nato durante un periodo di 19 anni come risultato dell'analisi approfondita degli aspetti teorici e pratici del miglioramento del setup. Sia l'analisi che l'implementazione sono fondamentali al sistema SMED e devono essere parte di ogni programma di miglioramento. Ci sono due tipi di setup, interno ed esterno (o IED e OED). I quattro stadi concettuali del miglioramento del setup coinvolgono la distinzione di questi due tipi di setup, e la conversione del setup interno in setup esterno. Una volta fatto ciò, tutti gli aspetti del setup

possono essere resi più snelli. Ad ogni stadio, comunque, possono essere realizzati dei miglioramenti del setup.

CAPITOLO QUARTO

TECNICHE PER APPLICARE LO SMED

Stadi concettuali dello SMED

Ora che abbiamo visto i concetti coinvolti nel miglioramento del setup, diamo un'occhiata ad alcune tecniche pratiche che corrispondono agli stadi concettuali.

4.1 Stadio preliminare: il setup interno ed esterno non sono distinti

Nelle operazioni di setup tradizionali, ricorrono diversi tipi di sprechi:

- I prodotti finiti vengono trasportati al magazzino o il lotto successivo di materiale grezzo viene rimosso dallo scaffale dopo che il lotto precedente è stato completato e la macchina è stata spenta. Dato che la macchina è spenta durante il trasporto, viene perso tempo prezioso.
- I taglienti, gli stampi, etc., vengono consegnati dopo l'inizio del setup interno, o una parte difettosa viene scoperta solo dopo essere stata montata e dopo una prova. Come risultato, viene perso del tempo per rimuovere la parte dalla macchina e ricominciare. Come con il trasporto dei materiali grezzi o dei beni finiti, lo spreco può succedere dopo la lavorazione. Parti che non servono più vengono trasportate in sala utensili mentre la macchina è ancora spenta.
- Con le maschere e i calibri, una maschera può essere rimossa perché non è abbastanza accurata e non sono state fatte delle riparazioni; i bulloni non si riescono a trovare; un bullone non va bene perché il dado

è troppo stretto; o non si riescono a trovare blocchetti dello spessore appropriato.

Chiunque probabilmente riesce a pensare a molti altri casi in cui mancanze, errori, verifiche inadeguate dell'attrezzatura, o problemi simili sono successi ed hanno condotto a ritardi nelle operazioni di setup. Tradizionalmente, i manager e gli ingegneri che si occupano della produzione hanno sbagliato a dedicare tutte le loro abilità all'analisi delle operazioni di setup. Nella maggior parte dei casi, assegnano il setup agli operai, e assumono che poiché i loro operai sono coscienziosi, faranno del loro meglio per realizzare le operazioni di setup il più velocemente possibile. In altre parole, il problema di ridurre il tempo di setup viene lasciato da risolvere in officina. Sicuramente questa attitudine è una delle ragioni principali per cui, fino a poco tempo fa, non è stato fatto nessun grande progresso nel migliorare le operazioni di setup.

4.2 Stadio 1: separare il setup interno e quello esterno

Le seguenti tecniche sono efficaci nell'assicurare che le operazioni che possono essere realizzate come setup esterni siano, effettivamente, eseguite mentre la macchina è in funzione.

4.2.1 Utilizzare una Checklist

Creare una Checklist di tutte le parti e i passaggi richiesti in un'operazione. Questa lista includerà:

- Nomi
- Specifiche
- Numero di taglienti, stampi e altri elementi

- Pressione, temperatura, e altre impostazioni
- Valori numerici di tutte le misure e le dimensioni

Sulla base di questa lista, riscontrare che non ci siano errori nelle condizioni operative. Eseguendo ciò in anticipo, si possono evitare molti errori che fanno sprecare tempo e test di prova. L'utilizzo di un così chiamato tavolo di controllo è anche molto comodo. Un tavolo di controllo è un tavolo su cui sono state disegnate tutte le parti e gli utensili necessari per un setup. Le parti corrispondenti sono semplicemente sistemate sopra il disegno appropriato prima dell'inizio del setup. Dato che una semplice occhiata al tavolo dirà all'operatore se qualche parte è mancante, questa è una tecnica visiva di controllo estremamente efficace. La sola limitazione all'utilità del tavolo di controllo è che non può essere utilizzato per verificare le condizioni operative stesse. Ciò non di meno, rimane una valevole aggiunta alla checklist. E' molto importante stabilire una checklist ed un tavolo specifico per ogni macchina. Evitare l'uso di checklist generali per un'intera officina: possono creare confusione, tendono a venire perse, e poiché creano confusione vengono troppo spesso ignorate.

4.2.2 Eseguire controlli di funzione

Una checklist è utile per determinare se tutte le parti sono dove dovrebbero essere, ma non ci dice se sono in perfetto ordine di lavorazione. Conseguentemente, è necessario eseguire dei controlli di funzione nel corso del setup esterno. Un fallimento nel fare ciò condurrà inevitabilmente a ritardi del setup interno quando viene scoperto improvvisamente che un calibro non funziona correttamente o che una maschera non è accurata. In particolare, riparazioni inadeguate delle presse e delle modellatrici per materie plastiche sono spesso scoperte solo dopo la realizzazione di test di prova. In questo caso, gli stampi che qualcuno ha già avuto il problema di montare sulla macchina devono essere rimossi e riparati, aumentando così sostanzialmente il tempo di

setup. Un problema frequente sono le riparazioni che vengono anticipate, ma che impiegano più tempo del previsto. L'operazione, quindi, viene iniziata prima del completamento delle riparazioni. Quando vengono fuori come risultato dei beni difettosi, lo stampo viene rimosso velocemente, e vengono fatte ulteriori riparazioni, interrompendo la produzione. E' sempre molto importante finire le riparazioni prima dell'inizio del setup interno.

4.2.3 Migliorare il trasporto degli stampi e delle altre parti

Le parti devono essere spostate dal magazzino alle macchine, e poi riportate in magazzino una volta che il lotto è finito. Ciò deve essere fatto come una procedura di setup esterno, in cui o l'operatore stesso sposta automaticamente le parti mentre la macchina sta lavorando, o un'altro operaio è assegnato al compito del trasporto. Una industria per cui Shingo ha lavorato conduceva le operazioni di setup su una grande pressa estraendo lo stampo su una mensola mobile. Allo stampo era attaccato un cavo, per mezzo del quale un argano poi lo sollevava e lo convogliava all'area di immagazzinamento. Shingo suggerì un numero di cambiamenti al capo officina:

1. Muovere per prima cosa il nuovo stampo vicino alla macchina tramite l'argano
2. Successivamente, abbassare il vecchio stampo dalla mensola mobile a lato della macchina.
3. Attaccare il nuovo stampo alla mensola mobile, inserirlo nella macchina, e cominciare la nuova operazione.
4. Dopo di ciò, agganciare un cavo al vecchio stampo e trasportarlo all'area di immagazzinamento.

Il capo officina si lamentò che non andava bene perchè i cavi avrebbero dovuto essere agganciati due volte, e questo era inefficiente. Shingo replicò che

servivano 4 minuti e 20 secondi per trasportare gli stampi nuovi e vecchi dalla macchina e viceversa. Se la pressa fosse stata messa nella condizione di operare prima di quel tanto, avrebbero potuto produrre circa cinque unità in più nel tempo che avrebbero risparmiato. Era dunque preferibile, attaccare i cavi solo una volta o produrre cinque unità in più? Il capo officina concordò subito sul fatto che aveva considerato l'operazione di setup nel modo sbagliato, e il nuovo sistema venne immediatamente implementato. Questo esempio illustra una tendenza della gente dell'officina ad essere distolta da piccole inefficienze invece di considerare quelle più grandi. Considerato a un livello più profondo, mostra il bisogno dei manager di capire in maniera approfondita il setup interno ed esterno.

4.3 Stadio 2: convertire il setup interno in setup esterno

4.3.1 Preparare le condizioni operative in anticipo

Il primo passo nel convertire il setup interno in setup esterno è quello di preparare le condizioni operative in anticipo. Illustreremo questo metodo con una serie di esempi.

Getti di prova nel caso di macchine per pressofusione

I getti di prova vengono di solito eseguiti come parte del setup interno delle macchine per pressofusione. Gli stampi freddi sono attaccati alla macchina e gradualmente riscaldati fino alla temperatura appropriata iniettando metallo liquido. Il primo getto viene quindi eseguito. Dato che il materiale iniettato durante il processo di riscaldamento produrrà dei getti difettosi, gli elementi del primo getto vengono rifiutati. Se venisse usato del calore tramite l'elettricità o il gas per preriscaldare lo stampo, però, risulterebbero dei buoni getti dalle prime

iniezioni negli stampi montati e preriscaldati. Parlando generalmente, questo metodo può ridurre i tempi di setup interni di circa trenta minuti. In aggiunta ad aumentare la produttività, ridurrebbe il numero di getti poveri che necessiterebbero di essere rifusi. Presso una struttura che si occupava di pressofusione, uno scaffale speciale era stato costruito sopra ad un forno ad induzione installato di lato ad una macchina per pressofusione. Gli stampi che dovevano venire usati nell'operazione seguente venivano preriscaldati dal calore dissipato dal forno ad induzione. Usare il calore riciclato per preriscaldare gli stampi era come prendere due piccioni con una fava. L'unica spesa che la compagnia dovette sostenere era il costo di uno scaffale speciale abbastanza resistente da sostenere gli stampi.

Preriscaldamento degli stampi per una grande macchina di formatura plastica

Come nell'esempio precedente, gli stampi sono stati riscaldati iniettando plastica fusa. Riscaldare lo stampo tramite un surriscaldatore elettrico prima di attaccarlo alla macchina ha reso possibile la produzione di beni di qualità già dall'inizio di ciascun lotto. Il tempo di setup è diminuito, e il numero di prove è stato ridotto.

Con la plastica, così come con i metalli, gli elementi difettosi ogni tanto possono essere distrutti e riutilizzati, ma ciò non è soddisfacente, perché porta ad un deterioramento della qualità. È sempre preferibile produrre beni di qualità dall'inizio e evitare di produrre allo stesso tempo beni di standard inferiore.

In un altro caso, gli stampi di una macchina per la formatura di materie plastiche di medie dimensioni venivano preriscaldati facendo passare semplicemente dell'acqua calda attraverso un tubo di raffreddamento. Un generatore di vapore mobile veniva messo vicino agli stampi per generare

l'acqua calda. Questo miglioramento era estremamente efficace a causa della sua semplicità e del fatto che l'investimento di capitale era inferiore a 200.000 yen (circa 826\$).

Tintura delle fibre

Presso un impianto di produzione tessile, le operazioni di tintura venivano condotte immergendo una rastrelliera che reggeva un certo numero di filati in una vasca di tintura e poi riscaldando la vasca tramite il vapore. Questa era un'operazione che impiegava parecchio tempo, perché la vasca ci metteva molto a raggiungere la temperatura giusta. La soluzione a questo problema coinvolse la preparazione di una seconda vasca. La vasca ausiliaria veniva riempita di tintura e preriscaldata mentre il lotto precedente veniva lavorato. Una volta finito il primo lotto, una valvola veniva aperta nella vasca ausiliaria e la tintura preriscaldata veniva lasciata fluire nella vasca di tintura. Divenne così possibile eliminare il ritardo causato dal riscaldamento della tintura. Questa soluzione aveva anche l'effetto di migliorare la qualità del prodotto producendo colori più vivi. Precedentemente, esisteva solo una rastrelliera per ciascuna vasca. Quando un lotto veniva finito, il filato veniva rimosso dalla rastrelliera, e un secondo lotto di filato veniva caricato. Shingo fu capace di ridurre ulteriormente il tempo di setup installando una seconda rastrelliera che veniva caricata in precedenza e scambiata con la prima non appena la lavorazione del primo lotto era completata. Combinando questa nuova procedura con il miglioramento del riscaldamento della tintura, sono stati in grado di migliorare più del doppio la percentuale operativa dell'operazione di tintura. L'operazione migliorata avveniva quindi come segue:

1. Preparare una rastrelliera sistemando dei nuovi filati su di essa.
2. Dopo la tintura, rimuovere la rastrelliera che porta i filati tinti e pulire la vasca.

3. Riempire la vasca con la tintura preriscaldata dalla vasca ausiliaria e cominciare il processo di tintura.
4. Mentre l'operazione di tintura è in corso, rimuovere il filato che è stato già tinto nel lotto precedente.

Formatura plastica sotto vuoto spinto

La formatura plastica sotto vuoto spinto viene normalmente realizzata in quattro passaggi:

1. Unire uno stampo mobile con uno fisso.
2. Pompate l'aria fuori per creare il vuoto nello stampo.
3. Iniettare la materia plastica.
4. Aprire lo stampo e rimuovere il prodotto finito.

La formatura plastica sotto vuoto spinto è di successo solo quando viene creato un vuoto quasi assoluto nello stampo; ciò significa che una grande percentuale di tempo viene spesa nel secondo passaggio. Un sistema combinato, come quello descritto in figura 4.1, aiuta a risolvere questo problema:

1. Installare un serbatoio sotto vuoto con una capacità di circa 1.000 volte il volume dello stampo.
2. Collegare lo stampo al serbatoio sotto vuoto e aprire la valvola d'uscita. Ciò causerà un calo della pressione nello stampo di un fattore di circa 1.000 nel giro di un secondo.
3. Chiudere la valvola che collega lo stampo al serbatoio sotto vuoto e accendere la pompa per estrarre l'aria rimanente.
4. Iniziare l'iniezione seguente. Una volta completa, chiudere la valvola tra lo stampo e la pompa.
5. Collegare simultaneamente il serbatoio sotto vuoto alla pompa e rimuovere l'aria che è entrata nel serbatoio.

6. Continuare ad espellere l'aria dal serbatoio fino a quando l'iniezione non viene completata, aprire lo stampo per rimuovere il prodotto finito, e chiudere di nuovo lo stampo.

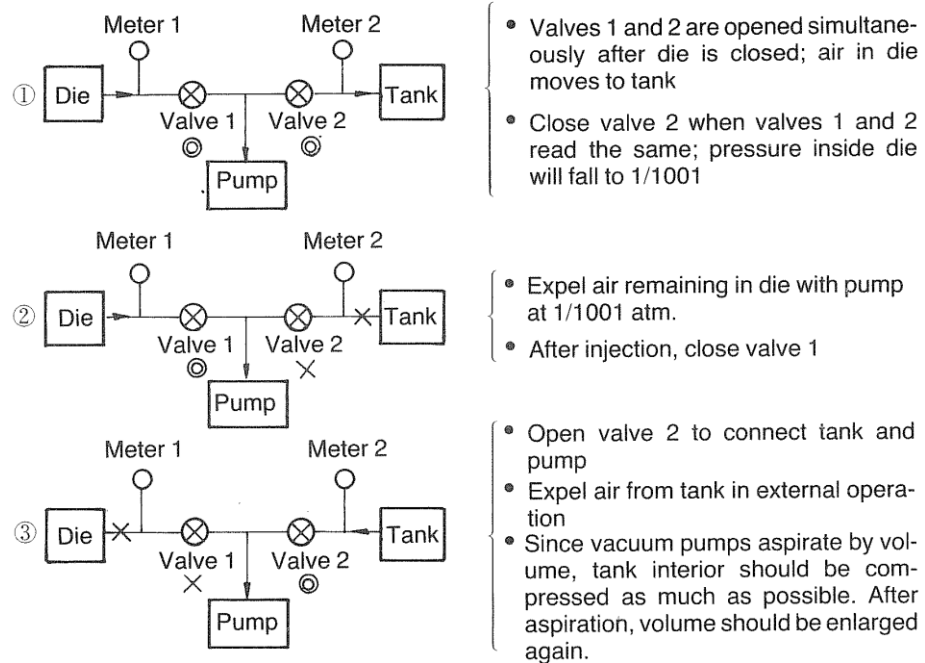


Figura 4.1 – Un sistema combinato

Questo sistema combinato offre molti vantaggi. L'aria dentro lo stampo non viene semplicemente aspirata durante il setup interno. Una volta che viene aspirata nel serbatoio sotto vuoto, viene espulsa durante il setup esterno. Questo efficiente metodo di creare il vuoto nello stampo distingue chiaramente tra setup interno ed esterno.

Regolare il centraggio per l'operazione di pressofusione

Quando gli stampi delle presse vengono lavorati, vengono attaccati alla slitta di una piallatrice e centrati marcando il centro dello stampo sulla superficie della piastra. Questa operazione di marcatura dei centri è stata eliminata incidendo delle scanalature di centraggio su un getto campione, e quindi indicando la corretta posizione dell'elemento in anticipo.

Il metodo dei materiali continui

In un impianto per la produzione di molle, l'operazione di cambio bobina veniva eseguita al raggiungimento della fine di ciascun avvolgimento. Come mostrato in figura 4.2, è stato possibile eliminare l'operazione di setup interno del cambiamento della bobina saldando gli avvolgimenti della molla della fine di un lotto, A1, a quelli della bobina del lotto successivo, A2. In questo modo, una nuova bobina sarebbe iniziata automaticamente una volta raggiunta la fine della vecchia. Quando l'avvolgimento della molla è stretto e sottile, possono essere arrotolate grandi lunghezze su larghe bobine, dato che non si presenteranno dei grovigli neanche saldando 10 bande insieme.

The end of A₁ is welded to the start of A₂

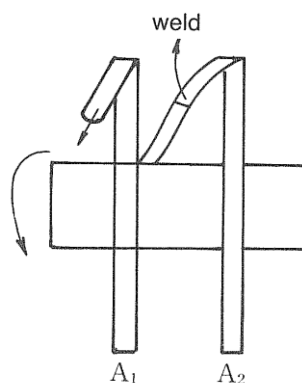


Figura 4.2 – Metodo dei materiali continui

Un raccoglitore temporaneo

In questo esempio di una pressa di tipo progressivo, un carrello a forche porta ciascuna bobina di materiale per molle e lo posiziona quando viene raggiunta la fine della bobina precedente. Un numero insufficiente di carrelli a forche, tuttavia, significa ritardi frequenti mentre si aspetta l'arrivo di materiale grezzo. La soluzione in questo caso è stata quella di costruire un raccoglitore per bobine (Figura 4.3) su cui l'avvolgimento di materiale viene tenuto pronto per la lavorazione. Alla fine di un processo, un operaio deve semplicemente spingere in posizione la bobina successiva dal raccoglitore temporaneo. Non viene sprecato del tempo in attesa dei materiali.

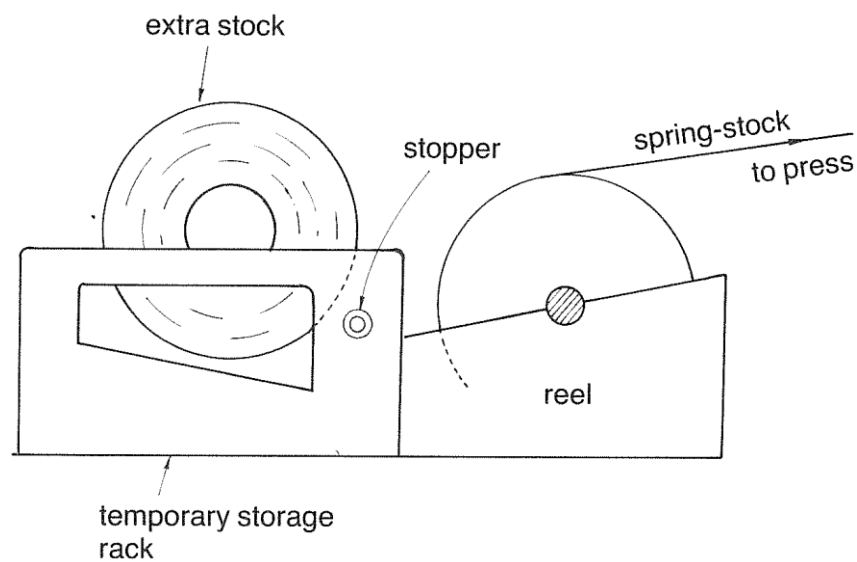


Figura 4.3 – Raccoglitore temporaneo per bobine

4.3.2 Standardizzazione della funzione

Chiunque può apprezzare l'attrattiva dello standardizzare le operazioni di setup. Un modo in cui ciò può essere fatto è mediante la standardizzazione delle

dimensioni e delle misure di tutte le parti della macchina e degli utensili, ma questo metodo, chiamato standardizzazione di forma è pieno di sprechi: lo stampo deve essere più grande per accomodare la maggiore dimensione necessaria, e i costi aumentano a causa di un'abbondanza non necessaria. In contrasto, la standardizzazione della funzione richiede solo la standardizzazione di quelle parti le cui funzioni sono necessarie dal punto di vista delle operazioni di setup. Con questo approccio, gli stampi non necessitano di venire costruiti più grandi o più elaborati, e i costi aumentano solo moderatamente. Per implementare la funzione di standardizzazione, le funzioni individuali vengono analizzate e poi considerate una alla volta. Il che significa, che le operazioni generali vengono suddivise nei loro elementi base, per esempio fissaggio, centraggio, dimensionamento, espulsione, mantenimento dei carichi. L'ingegnere deve decidere quale di queste operazioni, se ce n'è una, deve essere standardizzata. Deve poi distinguere tra le parti che possono essere standardizzate e le parti che necessitano cambi di settaggio. Nonostante ci siano molti modi di sostituire un braccio meccanico – dalla spalla, dal gomito, dal polso, dalla punta delle dita o solo la parte terminale della punta delle dita – la procedura più efficiente dal punto di vista dei costi è quella di sostituire la più piccola parte che include la parte che necessita di essere sostituita. Il modo più veloce di cambiare qualcosa è quello di non cambiare niente. Per esempio, il braccio di alimentazione di una pressa a trasferimento compie tre operazioni:

- Afferrare l'oggetto
- Inviare l'oggetto al processo successivo
- Riportare il braccio di alimentazione nella posizione originale

In questo caso solo la funzione di afferrare dovrebbe cambiare in base alla forma, alle dimensioni, ed alle qualità dell'oggetto che viene maneggiato: non c'è bisogno di cambiare l'intero braccio di alimentazione. In maniera simile, il meccanismo di rimozione del pezzo da lavorare di una grande pressa può richiedere dei cambiamenti che coinvolgono sia il disegno della morsa, che

afferra il pezzo, sia la lunghezza del braccio tramite cui viene rimosso il pezzo. Riassumendo, una efficiente standardizzazione della funzione richiede che noi analizziamo le funzione di ogni componente dell'apparato, elemento per elemento, e che noi rimuoviamo il minor numero possibile di parti. Gli esempi seguenti illustrano il principio della standardizzazione della funzione.

Standardizzazione della funzione di uno stampo per pressofusione

Nella procedura di setup di una pressa, regolare l'altezza di serraggio richiede un grado elevato di esperienza. E' largamente ritenuto, inoltre, che questa operazione debba essere eseguita come parte del setup interno. Nonostante ciò date due altezze dello stampo di 320 mm (stampo A) e 270 mm (stampo B), le regolazioni dell'altezza di serraggio non sarebbero necessarie passando dallo stampo A allo stampo B se degli spessori o dei blocchetti spessi 50 mm venissero sistemati sotto lo stampo B per sollevarlo ad una altezza di 320 mm (Figura 4.4). Una volta fatto ciò l'altezza dei bordi d'attacco dello stampo A sarebbe di 30 mm, mentre quelli dello stampo B sarebbe di 80 mm. In questo modo se degli spessori di dimensione 30 x 30 x 50 mm venissero saldati ai bordi d'attacco dello stampo A, si potrebbero utilizzare gli stessi bulloni di fissaggio per entrambi gli stampi. Dato che i blocchetti sono standardizzati, la fase di movimentazione potrebbe essere semplificata saldando i blocchetti alla morsa. Questo elimina anche il problema della ricerca di un blocchetto dell'altezza adeguata o del dover immagazzinare blocchetti di varie dimensioni. Lo stampo può essere attaccato alla macchina solo con una morsa speciale e dei bulloni. Entrambe le operazioni di setup e di gestione dello stampo vengono così rese più semplici.

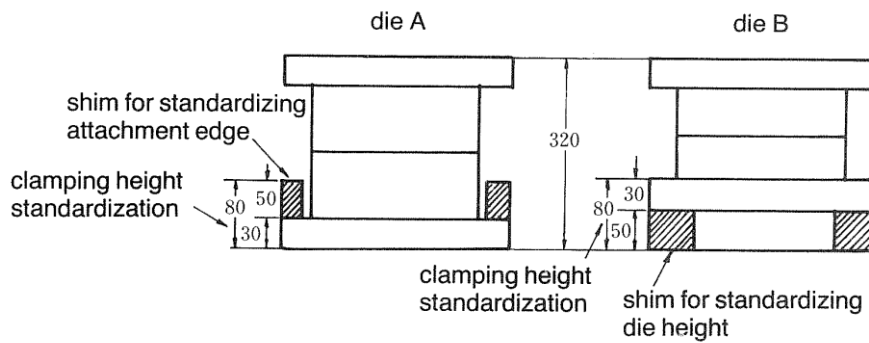


Figura 4.4 – Altezze standardizzate degli stampi e bordo d'attacco

Maschera di centraggio inferiore

In un altro tipo di setup, gli steli presenti su alcuni stampi di piccole presse danno origine ad una operazione problematica. Per allineare lo stelo ed il relativo foro del maglio, l'operaio muove il maglio verso il basso e regola la posizione dello stampo a vista. Supponiamo che una maschera di centraggio sia montata sul lato più lontano della macchina, e che la distanza dal centro del foro dello stelo alla maschera di centraggio sia di 350 mm. Se la distanza dal centro dello stelo dello stampo al bordo più lontano dello stampo è di 230 mm, allora una maschera di centraggio di 120 mm verrà attaccata al lato più lontano dello stampo. Una sporgenza a forma di V viene fatta nel mezzo della maschera di centraggio fissa e una corrispondente depressione a forma di V viene intagliata nella maschera mobile. Se la maschera superiore è fatta in modo da combaciare in modo aderente a quella inferiore, i fori nel maglio e nello stelo si allineeranno automaticamente. Non ci sarà bisogno di muovere il maglio verso il basso e lo stelo potrà essere inserito molto semplicemente.

Maschera di centraggio

In questo esempio, solo la funzione essenziale del centraggio dello stelo è stata standardizzata. (Figura 4.5) Il diametro dei bulloni che assicurano lo stelo era di 22 mm, mentre quello dei bulloni di fissaggio dello stampo misurava 19 mm. Dei bulloni speciali sono stati fatti per fissare lo stampo. Le teste di questi bulloni da 19 mm sono state fatte in modo tale da corrispondere esattamente alle teste dei bulloni da 22 mm. Questo ha semplificato considerevolmente l'operazione rendendo possibile il serraggio di entrambi i tipi di bulloni con un'unica chiave.

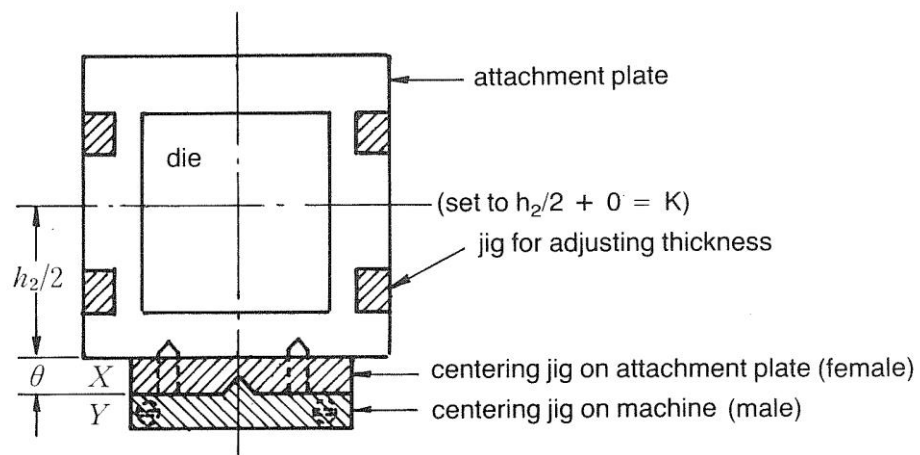


Figura 4.5 – Maschera di centraggio inferiore inserita

Set di stampi multifunzione.

Gli stampi vengono utilizzati principalmente per due scopi: creare oggetti di varie forme, e per sopportare i carichi. Standardizzando la parte esterna di uno stampo e progettandolo in modo tale che il set metallico di stampo possa essere inserito ed estratto come un cassetto, i produttori sono riusciti a raggiungere

tempi di setup di 20 secondi. Questo approccio è particolarmente utile con i piccoli stampi per presse.

Lavorazione dei corpi delle macchine fotografiche

Il getto di un corpo di una macchina fotografica è difettoso se è presente anche solo un forellino di spillo sulla piastra della pellicola. In una fabbrica con cui Shingo ha lavorato, le prime cinquanta piastre prodotte venivano sottoposte ad un taglio di prova su una mola, e poi ispezionate. Questa procedura, che impiegava circa 15 minuti, doveva essere completata il più in fretta possibile in modo da non rallentare l'operazione principale. Inoltre richiedeva un alto livello di specializzazione perché:

- Lo spessore della piastra veniva controllato per ottenere un alto grado di precisione.
- Le forme e le dimensioni variavano in accordo al tipo di corpo macchina che veniva prodotto.
- Ogni maschera di taglio era diversa, così l'altezza della superficie di taglio doveva essere regolata con un alto grado di accuratezza.
- Il corpo doveva essere sistemato al centro della macchina.

Vennero fatti diversi miglioramenti:

- L'altezza della slitta della macchina molatrice venne fissata e la distanza dalla lama regolata a 120 mm.
- Le dimensioni dei vari corpi e delle maschere vennero determinati a priori. Maschere a contatto per compensare l'altezza vennero montate e sistemate in modo tale che la superficie di taglio si trovasse a 120 mm.

- Le dimensioni verticali ed orizzontali delle maschere a contatto vennero standardizzate. Spingendole contro dei fermi fissati alla slitta, gli operai poterono facilmente centrare il corpo.

Questi miglioramenti resero possibile anche ad un operatore macchina non specializzato di occuparsi dell'operazione di setup. Inoltre ridussero il tempo di setup di circa 30 secondi. Inizialmente ci fu della preoccupazione in quanto si riteneva che il miglioramento sarebbe stato ostacolato dal grande numero di tipi di corpi macchina. In realtà, ci fu bisogno di standardizzare solo due funzioni: l'altezza della superficie di taglio, e il centraggio del corpo macchina. (Figura 4.6)

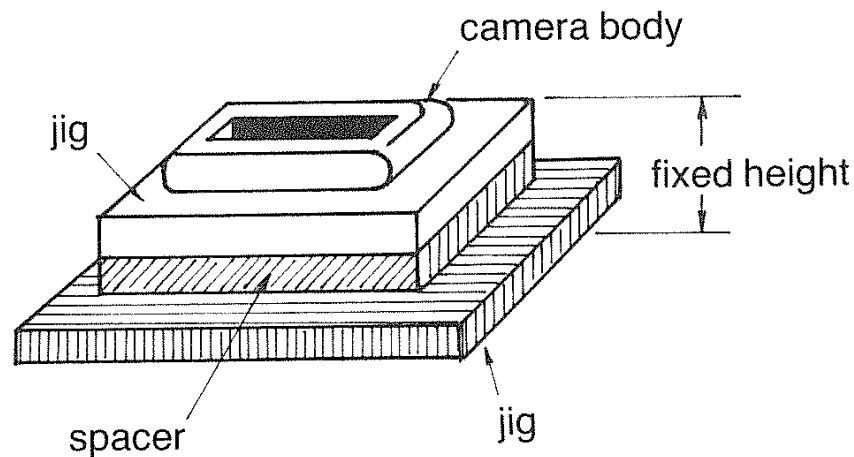


Figura 4.6 – Lavorazione del corpo di una macchina fotografica

Aggancio dei pannelli della strumentazione

Shingo ha già accennato al fatto di essere rimasto impressionato dall'ingegnosità degli ingegneri della Volkswagen. Nonostante la parte esteriore del pannello della strumentazione per un nuovo modello dovesse

essere stato ridisegnato, il nuovo pannello veniva agganciato precisamente nello stesso modo del vecchio. L'operazione stessa non era cambiata. Anche questo è un buon esempio della standardizzazione della funzione.

Utilizzo di maschere intermedie

Nella lavorazione di molti prodotti, possono essere costruite due maschere standardizzate della misura e della forma appropriate. Mentre il pezzo da lavorare collegato ad una delle piastre viene lavorato, il pezzo successivo viene centrato e agganciato all'altra maschera come procedura di setup esterno. Quando viene finito il primo pezzo, questa seconda maschera, insieme al pezzo collegato, viene montata sulla macchina. Questa maschera standardizzata viene chiamata "maschera intermedia."

Setup di una macchina per la molatura di profili

I blocchi di formatura per i tubi catodici delle televisioni vengono lavorati su una macchina per la molatura dei profili. La marcatura viene realizzata su questa macchina durante l'operazione di centraggio e di regolazione delle altezze della sagoma e del materiale da lavorare. Ciò richiede sia una precisione elevata sia una considerevole quantità di tempo a causa delle molte forme curve coinvolte. La macchina veniva spenta durante questa fase, e la perdita di tempo veniva considerata una conseguenza inevitabile dell'operazione di setup. Shingo e i suoi collaboratori crearono due maschere intermedie standardizzate che erano leggermente più piccole della tavola di molatura. Mentre un pezzo veniva lavorato, una sagoma e il pezzo successivo venivano montati all'altra maschera intermedia, sulla superficie della tavola. Poi venivano centrate e regolate all'altezza giusta. Quando una operazione era finita, la maschera intermedia con la sagoma e il pezzo da lavorare attaccati

venivano montati sulla tavola della macchina da molatura. Dato che la maschera intermedia era standardizzata, il centraggio ed il posizionamento venivano ora eseguiti molto semplicemente. Il montaggio richiedeva semplicemente il fissaggio della maschera ad una parte fissa della tavola. Come risultato, il tempo inutilizzato della macchina molatrice venne ridotto considerevolmente e la produttività aumentò in maniera sostanziale.

Regolare gli utensili di un tornio

Precedentemente, gli utensili di un tornio venivano direttamente collegati al porta utensile mentre venivano svolte varie operazioni, come regolare la sporgenza di un tagliente e l'allineamento all'altezza di taglio. Questa situazione venne migliorata costruendo un supporto rettangolare standardizzato al quale poteva venire attaccato un utensile durante un'operazione di setup esterna. Con l'utilizzo di un calibro digitale, l'altezza del centro poteva essere regolata accuratamente e potevano essere fatte delle misure accurate della sporgenza del tagliente. Quando si iniziava una nuova operazione, il centraggio e il dimensionamento venivano realizzati in unico passaggio premendo il supporto rettangolare contro la superficie del porta utensile. Regolare gli utensili era ora una operazione semplice e il setup poteva essere completato in un tempo breve.

Fresatura di un foro su una condotta metallica

Questa operazione consisteva nel fresare la superficie superiore di un foro per l'olio su una condotta metallica. In precedenza una punta da trapano veniva montata su un trapano a colonna ad un angolo predeterminato, e poi veniva premuta contro la condotta metallica per iniziare il taglio. Dato che la profondità di fresatura doveva essere precisa, una volta che la punta aveva

iniziato il taglio nel metallo, le misure venivano fatte tramite un micrometro e il grado di sporgenza della punta da trapano veniva spesso regolato. Shingo ed i suoi collaboratori migliorarono questa operazione costruendo un porta punta da trapano standardizzato addizionale. La punta messa sul supporto veniva fissata al suo posto dopo la misurazione precisa del grado di protrusione. Ogni qual volta era necessario sostituire le punte, il setup veniva completato semplicemente premendo il supporto sul foro conico del trapano a colonna. Come risultato, anche un operaio inesperto poteva sostituire le punte, e farlo velocemente. (Figura 4.7)

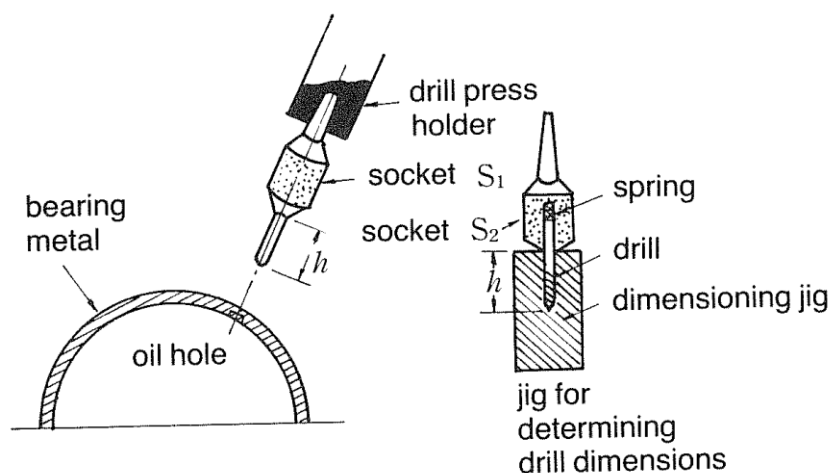


Figura 4.7 - Fresatura di un foro su una condotta metallica

Stampi multipli su una pressa di grandi dimensioni

Montare degli stampi multipli su una pressa di grandi dimensioni era un'altra operazione problematica, a causa delle diverse forme e altezze degli stampi. Precedentemente questa operazione veniva condotta direttamente sopra il piano di lavoro della pressa. La pressa doveva venire spenta, provocando un impatto altamente negativo sulla produttività. Per migliorare l'operazione, due piastre

spesse – maschere intermedie – vennero costruite con praticamente la stessa area del piano di lavoro. Il setup dell'operazione successiva veniva quindi eseguito sulle piastre. Con questo miglioramento, la pressa doveva venire spenta solo mentre un carrello elevatore a forche scambiava gli stampi e le maschere intermedie. In questo esempio, veniva realizzata un'operazione di imbutitura profonda tramite colpi lunghi e lenti. Dato che questa era l'unica pressa di grandi dimensioni, faceva restare indietro il resto dell'operazione, che finiva sempre fuori tempo massimo. Il setup venne ridotto a circa tre minuti, e la produttività per l'intera operazione aumentò più del doppio. (Figura 4.8)

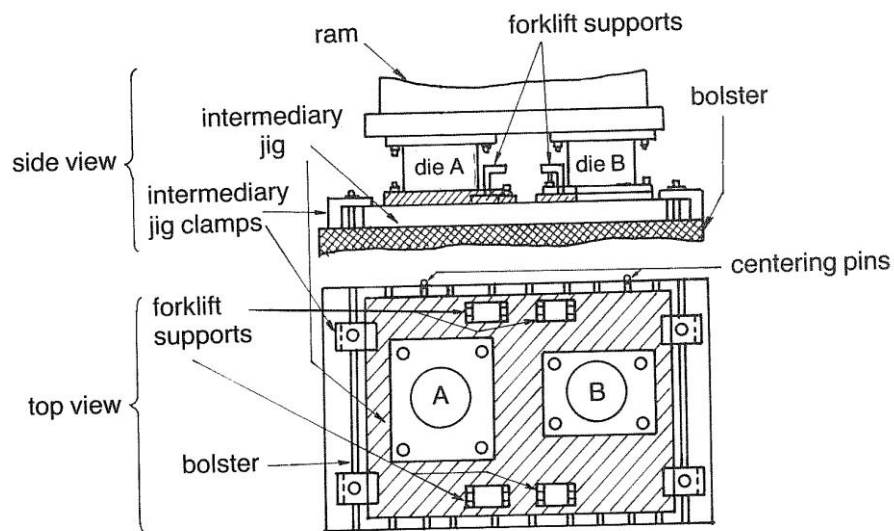


Figura 4.8 – Stampi multipli e maschera intermedia

4.4 Terzo passaggio: snellire tutti gli aspetti dell'operazione di setup.

Dopo aver superato la fase 1 (separare il setup interno da quello esterno) e la fase 2 (convertire il setup interno in setup esterno), si può quindi procedere con dei miglioramenti in grado di cambiare radicalmente le operazioni di setup elementari.

Miglioramenti radicali delle operazioni di setup esterne

I miglioramenti nell'immagazzinamento e nel trasporto delle parti e degli utensili (incluso taglienti, stampi, maschere, e calibri) possono contribuire allo snellimento delle operazioni, nonostante ciò da solo non sia sufficiente. Nel caso di stampi per presse di medie dimensioni, è disponibile dell'attrezzatura avanzata per l'immagazzinamento e la movimentazione delle parti e degli utensili. L'area di stoccaggio è uno di questi accorgimenti, questa è un'area in cui gli stampi sono immagazzinati su scaffali disposti in più file, e un'attrezzatura automatica viene utilizzata per immagazzinare gli stampi e inviarli tramite dei convogliatori alle macchine appropriate. Questo tipo di sistema di immagazzinamento automatizzato riduce il numero di ore di manodopera necessarie per il setup esterno, ma non rappresenta un miglioramento del setup interno. Di conseguenza, non ci aiuta in maniera diretta a raggiungere gli obiettivi dello SMED, e dovrebbe essere usato solo quando il controllo di un grande numero di stampi ingombranti è molto difficoltoso.

Miglioramenti radicali nelle operazioni di setup interne

Le tecniche descritte nel capitolo seguente possono portare a cambiamenti radicali nelle operazioni di setup interno.

Sommario

I pieni benefici dello SMED possono essere raggiunti solo dopo che è stata fatta un'analisi delle operazioni di setup e quando i quattro passaggi concettuali del setup sono stati identificati. Tuttavia, delle tecniche efficaci possono essere applicate ad ogni passaggio, conducendo a impressionanti riduzioni del tempo

di setup ed a dei drastici miglioramenti della produttività anche nelle fasi iniziali degli sforzi.

CAPITOLO QUINTO

APPLICARE LO SMED ALLE OPERAZIONI INTERNE

5.1 L'implementazione delle operazioni in parallelo

Le operazioni sulle macchine di formatura plastica, di forgiatura e sulle presse di grandi dimensioni coinvolgono invariabilmente il lavoro davanti e dietro alla macchina. Quando una singola persona compie queste operazioni, viene continuamente sprecato del movimento mentre questa persona gira attorno alla macchina. Le operazioni in parallelo che coinvolgono più di un lavoratore sono molto utili nel velocizzare questo tipo di lavoro. Con due persone, un'operazione che necessitava 12 minuti non impiegherà 6 minuti, ma forse 4, grazie alle economie di movimento che vengono ottenute. Quando un'operazione in parallelo viene eseguita, deve essere accordata un'attenzione speciale per evitare attese non necessarie. In effetti, una operazione in parallelo mal ideata può risultare in una completa assenza di tempo risparmiato. (Tabella 5.1) L'aspetto più importante nel condurre operazioni in parallelo è la sicurezza. Ogni volta che uno degli operai, ha completato un'operazione elementare, deve segnalarlo all'altro o agli altri operatori. Qualche volta ciò può essere fatto gridando, ma in un ambiente rumoroso come una fabbrica le urla spesso non sono udibili e creano confusione. E' preferibile avvisare tramite un segnalatore acustico o un fischietto, avendo stabilito in anticipo i segnali per "vai avanti" e "ferma." In un'altra variante, un operaio sul retro della macchina preme un pulsante quando la sua operazione è completata. Questo illumina un "display di conferma" nella parte anteriore della macchina. Dopo averlo controllato, l'operaio della parte anteriore è libero di azionare il macchinario. Una migliore sicurezza può essere inoltre ottenuta utilizzando un meccanismo di interlocking che previene l'azionamento della macchina da davanti a meno

che il lavoratore della parte posteriore non abbia azionato un interruttore di scambio.

Task	Time (sec)	Worker 1	Worker 2	Buzzer
1	15	Lower ram (to bottom dead point).	Prepare to remove rear bolts.	
2	20	Remove front mounting bolts securing upper die.	Remove rear mounting bolts securing upper die.	Yes
3	30	Raise ram (to top dead point).	Turn press switch off.	Yes
4	20	Remove bolster setting pins.	Prepare to remove mounting bolts securing lower die.	
5	60	Move bolsters.	Remove mounting bolts securing lower die.	
6	20	Attach cable to transport metal die.	Attach cable to transport metal die.	
7	20	Hoist.	Move metal die for mounting.	
8	30	Position metal die.	Position metal die.	
9	20	Tighten front bolts securing lower die.	Tighten rear bolts securing lower die.	
10	50	Move bolster.		Yes
11	30	Set pins for bolsters.	Move crane.	
12	30	Set ram at bottom dead point.	Adjust ram stroke.	Yes
13	50	Tighten front mounting bolts securing upper die.	Prepare to tighten rear bolts securing upper die.	
14	20	Raise ram (to top dead point).	Tighten rear bolts securing upper die.	Yes
15	15	Test die action of empty press.	Check switches and meters. Set pressing lever.	Yes
16	40	Insert material and process.	Check for safety and quality, etc.	
	Total time 470 sec. (7 min. 50 sec.)	Problems to watch for: (1) Twisted or severed cables or strands. (2) Vertical movement of dies while they are being exchanged. (3) Presence of any hazard on floor.	Actions to be confirmed: (1) Tightening of bolts. (2) Switch (on or off). (3) Bolster pin setting. (4) Meter. (5) Quality check.	OK On

Tabella 5.1 – Tabella delle procedure per le operazioni parallele

I manager spesso asseriscono che una forza lavoro insufficiente li prevenga dal condurre operazioni in parallelo. Tramite il sistema SMED questo problema viene eliminato perché sono necessari solo pochi minuti di assistenza, e persino un operatore senza alcuna esperienza può essere d'aiuto, dato che le operazioni sono semplici. L'assistenza può essere fornita dall'operatore di una macchina automatica, da qualcuno che sta approfittando di un momento di pausa tra un'operazione e l'altra, o da un supervisore di scambio. Con un po' di ingegnosità, si possono trovare molti sistemi. Anche quando il numero di ore di manodopera necessario per le operazioni di setup è invariato, le operazioni in parallelo dimezzano il tempo trascorso. Questo è un potente mezzo per ridurre i tempi di setup alla dimensione della singola cifra.

5.2 L'utilizzo di sistemi di fissaggio funzionali.

Un sistema di fissaggio funzionale è un dispositivo di aggancio che serve per tenere fissi in un posto degli oggetti con il minimo sforzo. Per esempio, il metodo di aggancio diretto viene utilizzato per assicurare uno stampo ad una pressa. (Figura 5.1) Un bullone viene fatto passare attraverso un foro nello stampo e collegato al piano di lavoro della pressa. Se il dado ha 15 filetti, il bullone non può essere avvitato del tutto a meno che non abbia compiuto 15 giri. In realtà, però, è l'ultimo giro che fissa il bullone ed è il primo giro che lo allenta. I rimanenti 14 giri sono sprecati. Nei setup tradizionali, vengono sprecati ulteriori giri perché la lunghezza del bullone è in eccesso rispetto alla parte da collegare. Inoltre, 15 filetti su un bullone significano uno sforzo d'attrito pari a 15 filetti da opporre alla forza di serraggio quando il dado è assicurato. Se lo scopo di un bullone è semplicemente quello di stringere o allentare, la sua lunghezza dovrebbe essere determinata in modo tale che ci sia bisogno di un solo giro. Il bullone sarebbe solo in questo caso un metodo di fissaggio funzionale

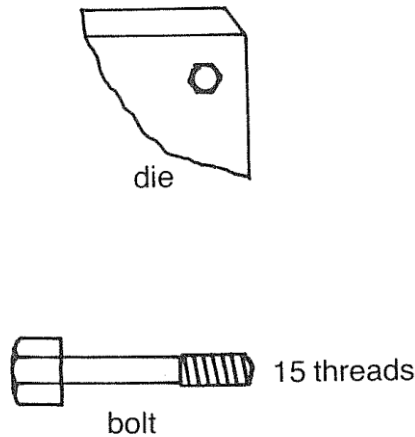


Figura 5.1 – Metodo di attacco diretto e bullone

5.2.1 Collegamenti effettuabili tramite un unico giro

I seguenti sono esempi di serraggi funzionali che possono assicurare o rilasciare oggetti tramite un unico giro. Shingo ha frequentemente sfidato i manager degli impianti ad adottare questa tecnica. A Shingo piaceva dir loro che avevano il permesso di avvitare almeno un giro nella procedura di setup, ma che sarebbero stati sanzionati di 100,000 yen (413\$) per ogni giro addizionale.

Il metodo dell'asola a forma di pera

Il problema qui coinvolgeva un contenitore per la vulcanizzazione. I prodotti venivano ammucchiati nel contenitore. La calotta quindi veniva chiusa e assicurata tramite 16 bulloni, utilizzando un metodo di serraggio diretto. Il grande numero di bulloni era necessario per contrastare una pressione considerevole. L'operazione necessitava di parecchio tempo perché il serraggio

richiedeva che ciascun bullone fosse fatto girare circa 30 volte. Aprire la calotta necessitava di un tempo uguale e similmente richiedeva 30 giri per ciascuno dei 16 bulloni. I movimenti necessari per trovare e prendere i dadi sistemati di lato al contenitore la rendevano inoltre un'operazione fastidiosa. Nonostante fossero stati risparmiati alcuni minuti tramite l'utilizzo di una avvitatrice automatica, l'operazione era ancora una seccatura. Per migliorare questa operazione di setup, i fori dei bulloni nella calotta sono stati modificati in asole a forma di pera così che ciascun dado potesse essere allentato con un singolo giro (Figura 5.2). Una volta allentati tutti e 16 i bulloni, la calotta veniva girata in senso orario di una quantità pari al diametro di un bullone. Ciò portava il dado in corrispondenza dell'estremità larga dei fori. La calotta poteva quindi ora essere rimossa immediatamente tramite un argano. Per assicurare la calotta, veniva eseguito il processo inverso, e un singolo giro era necessario per serrare i dadi. Non era più necessario rimuovere i dadi dai bulloni, così il processo di ricerca dei dadi veniva eliminato. Nel vecchio metodo, le combinazioni di dado e bullone cambiavano con ogni setup; il nuovo metodo risolse anche questo problema.

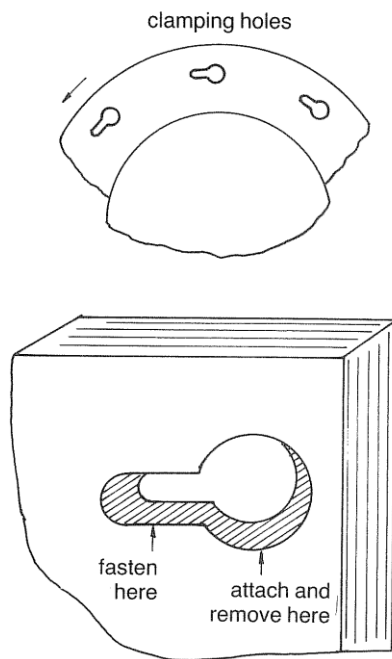


Figura 5.2 – Asole a forma di pera per il fissaggio

Il metodo della rosetta a forma di U

In questa operazione, veniva arrotolato un filo attorno all'anima di un motore. Completata la fase di avvolgimento, l'operazione procedeva secondo la seguente sequenza:

1. Allentare e rimuovere il dado di serraggio.
2. Rimuovere la rosetta.
3. Rimuovere l'anima finita.
4. Infilare la rosetta.
5. Girare il dado e serrare.
6. Cominciare l'operazione seguente di avvolgimento.

Questa operazione venne resa più snella sostituendo la rosetta con una rosetta a forma di U (Figura 5.3).

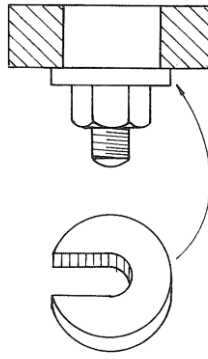


Figura 5.3 – Rosetta a forma di U

La sequenza risultante era la seguente:

1. Una volta finito l'avvolgimento, fermare la macchina e allentare il dado di un giro.
2. Sfilare la rosetta a forma di U.
3. Rimuovere l'anima mentre il dado è al suo posto (ciò è possibile perché il diametro interno dell'anima è maggiore del diametro esterno del dado).
4. Rinfilare la rosetta a forma di U.
5. Serrare con un giro del dado.
6. Incominciare l'operazione di avvolgimento successiva.

Utilizzare una rosetta a forma di U semplifica così considerevolmente l'operazione. Questo esempio fornisce un'ulteriore evidenza del fatto che l'operazione di avvitare e allentare possa essere eseguita prontamente tramite un unico giro.

Il metodo della rosetta a forma di U è risultato inoltre molto utile quando applicato al collegamento ed alla rimozione di ruote dentate di ricambio su macchinari per la lavorazione di ruote dentate.

Il metodo della filettatura interrotta

Mentre Shingo si occupava di un lavoro di consulenza negli Stati Uniti per la Federal Mogul Corporation, espresse il fatto che le viti potessero essere avvitate e svitare con un singolo giro. Dato che un giro è tutto quello di cui c'era bisogno, si mise d'accordo che alla sua prossima visita avrebbero pagato una penale di 1,000\$ per ogni giro addizionale usato. Una volta estorta questa promessa, ritornò in Giappone. Quando rivisitò l'impianto sei mesi dopo, era stato implementato un metodo a giro singolo. Questo è il modo in cui funzionava (Figura 5.4) :

1. Delle scanalature erano intagliate lungo il dado in modo da dividerlo in tre sezioni.
2. Scanalature corrispondenti erano intagliate nella filettatura della madrevite.
3. Nel processo di collegamento, l'inserzione era realizzata allineando le parti interne sporgenti del dado con le scanalature della madrevite. Il dado poi veniva semplicemente infilato in posizione fino in fondo.
4. Il dado veniva poi stretto con un terzo di giro.

In questo caso particolare, l'area di effettivo attrito era preservata aumentando la lunghezza della madrevite.

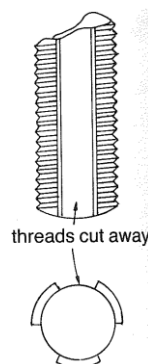


Figura 5.4 - Metodo della filettatura interrotta

Il metodo della guida a U

Una guida a forma di U veniva intagliata nel bordo d'attacco di uno stampo. Inserendo la testa di un bullone in una scanalatura a codine di rondine sul piano di lavoro della macchina, e facendo scivolare il bullone nella guida a forma di U dello stampo, divenne possibile fissare lo stampo con un solo giro del dado. Questo metodo garantisce un collegamento molto forte (Figura 5.5). In un caso, i problemi erano causati dalle rondelle che scivolavano fuori e cadevano. Ciò è stato risolto saldando per punti le rondelle ai dadi. Questo metodo della guida a forma di U può essere spesso usato per migliorare i tempi di setup dove il fissaggio diretto è stato usato in precedenza. Deve essere fatto notare, però, che un singolo giro di vite non è sufficiente per il fissaggio quando i pezzi con le guide ad U non sono di spessore uniforme.

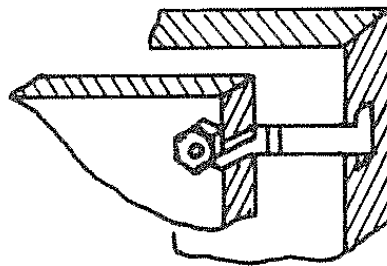


Figura 5.5 – Metodo della guida a U

Il metodo tramite morsetto

Come abbiamo già fatto notare, i metodi di collegamento diretto spesso richiedono molti giri di vite. Un'alternativa largamente usata è il metodo del morsetto. In questa tecnica, lo stampo è fissato stringendo il bullone su un morsetto che preme verso il basso sullo stampo (Figura 5.6). Questo metodo,

come il metodo della guida ad U, è utile solo se tutti i pezzi da fissare sono dello stesso spessore. Se lo spessore varia, l'ingegnere deve prima standardizzare le parti da collegare.

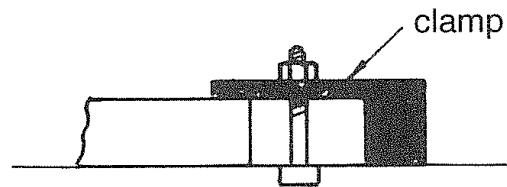


Figura 5.6 – Metodo tramite morsetto

Abbiamo ora visto vari metodi per collegare o rilasciare uno stampo tramite un bullone con un singolo giro. La chiave nello sviluppare tecniche di collegamento sta nel riconoscere che il ruolo della filettatura impegnata è quello di mantenere un attrito corrispondente alla pressione di bloccaggio. In passato, quando un oggetto aveva bisogno di essere assicurato, si assumeva immediatamente che si sarebbero usate delle viti, però non si pensava minimamente al numero di volte che bisognava girare la vite. Sicuramente bisogna considerare anche questo aspetto. È anche importante riconoscere che le viti ed i bulloni non sono l'unico modo per collegare degli oggetti.

5.2.2 Metodi a movimento unico

Il concetto di assicurare un oggetto con un unico movimento si trova dietro a un gran numero di dispositivi, inclusi:

- Ventose e morsetti
- Cunei, perni rastremati, perni ad incastro
- Molle

L'elasticità delle molle può essere utilizzata per assicurare gli oggetti. Le molle sono usate principalmente in meccanismi del tipo a pinza o ad espansione. Una azienda, tuttavia, applicava l'elasticità della molla in una semplice operazione per fissare la ruota dentata di ricambio su una macchina per il taglio delle ruote dentate (Figura 5.7). In questa applicazione:

- Una scanalatura semicircolare veniva incisa attorno all'albero della ruota.
- Dei perni di controllo, su molle, con teste semicircolari, erano montati su tre punti attorno la circonferenza interna di un sistema di bloccaggio.
- Dove nel passato venivano usate delle viti, i perni di controllo del nuovo sistema di bloccaggio afferravano l'albero dall'interno. Quando veniva raggiunta la corretta posizione del pezzo, i perni di controllo impegnavano la scanalatura e l'azione di bloccaggio veniva così raggiunta.

Questo sistema di bloccaggio estremamente semplice ha reso possibile collegare e rimuovere le ruote dentate di ricambio più velocemente e più semplicemente. Al tempo Shingo era preoccupato che le ruote, che erano state precedentemente collegate tramite viti, potessero venire via se trattene solo tramite delle molle. In realtà, ciò non è mai successo. Questo metodo è inoltre efficace con ruote elicoidali, dove i denti della ruota sono rastremati. In questo caso, però, il numero di perni di controllo viene aumentato a 4.

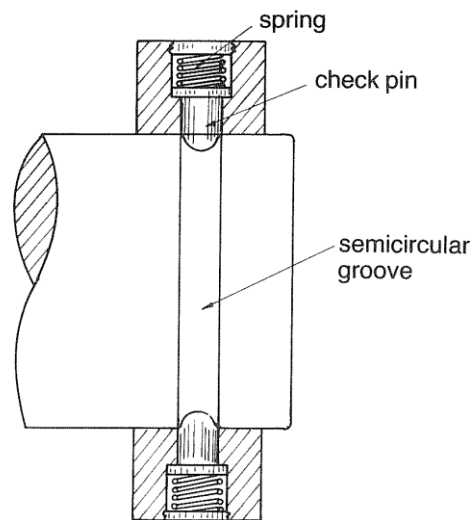


Figura 5.7 – Perna di controllo su molle

Magnetismo e aspirazione sotto vuoto.

Il magnetismo ed il vuoto sono molto convenienti quando l'intera superficie del pezzo da lavorare deve essere lavorata e non c'è spazio per dispositivi di bloccaggio. Quando viene usata l'aspirazione sotto vuoto, bisogna prestare attenzione che le superfici siano lisce e che l'aria non possa sfuggire.

5.2.3 Metodi di interlocking

Si tende ad assumere che un qualche tipo di metodo di fissaggio sia necessario quando un oggetto deve essere assicurato. Al contrario, in molte circostanze è sufficiente semplicemente adattare e unire due parti insieme.

Assicurare gli stampi su una macchina per la formatura delle materie plastiche

Presso la T Synthetics, le maniglie vengono modellate su una macchina per la formatura delle materie plastiche da 500 tonnellate. Non una singola vite viene utilizzata per fissare gli stampi (Figura 5.8). La procedura è la seguente:

- Le dimensioni e lo spessore delle piastre di tenuta vengono standardizzate per gli stampi sia fissi che mobili.
- Un'intelaiatura corrispondente a queste piastre viene installata sulla macchina.
- Le piastre di tenuta e le parti inferiori dell'intelaiatura sono rastremate in modo da permettere un centraggio preciso.
- Il setup viene eseguito per mezzo di due argani. Per primo, un argano solleva simultaneamente i due stampi usati nell'operazione appena completata e li sposta orizzontalmente. Allo stesso tempo, i due stampi necessari per l'operazione successiva vengono portati dal secondo argano e adattati nell'intelaiatura. L'inserimento delle sezioni rastremate garantisce che gli stampi siano posizionati correttamente.
- Dato che la stessa resina viene utilizzata in entrambe le operazioni, e gli stampi sono sempre preriscaldati, vengono prodotti beni di qualità a partire dalla prima iniezione.

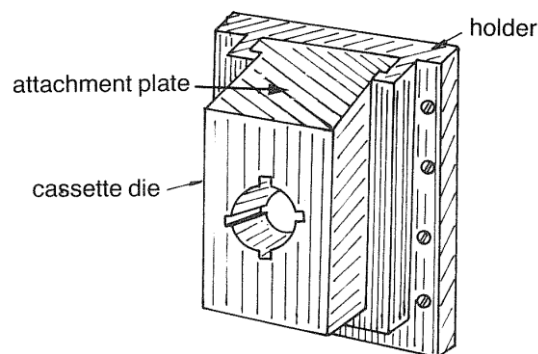


Figura 5.8 – Metodo di interlocking per assicurare gli stampi

Solo 28 secondi sono necessari per completare questo setup. Quando diciamo che la capacità della macchina per la formatura è di 500 tonnellate, intendiamo che la pressione della resina iniettata è di 500 tonnellate, e che lo stampo viene chiuso con una forza di 500 tonnellate. In nessun caso si intende che serva una forza di 500 tonnellate per aprire lo stampo. Solo una piccola quantità di forza è necessaria per estrarre il prodotto finito. Conseguentemente, la forza sufficiente è ottenuta dall'impegnare la piastra di tenuta e la macchina. E' anche richiesto il mantenimento di un certo carico sullo stampo e l'inserimento da solo è sufficiente affinché ciò avvenga. In questo modo è possibile assicurare gli stampi senza usare una sola vite, e ridurre il tempo di setup sostanzialmente. I due stampi vengono centrati facilmente con l'uso di perni rastremati da un lato e proiezioni rastremate dall'altro che servono come guide per l'inserimento.

Un metodo di collegamento per gli stampi per pressofusione

Il seguente lavoro viene eseguito mediante una pressa per metalli:

1. Lo stampo superiore viene abbassato dal punto morto superiore fino a quando non entra in contatto con il materiale grezzo.
2. Dal contatto col materiale grezzo fino a quando non raggiunge il punto morto inferiore, lo stampo superiore, tramite la pressione rivolta verso il basso, fora, piega, comprime, etc.
3. Per l'operazione di foratura, la pressione è necessaria solamente durante l'istante in cui il foro viene effettivamente aperto. Dopo che il foro è stato creato, l'unica resistenza rimanente è l'attrito tra il maglio e il materiale grezzo, quindi non è necessaria una grande forza.
4. Per l'operazione di piegatura o di compressione, il materiale si separa mentre lo stampo superiore si solleva dal punto morto inferiore. Con la foratura, in maniera similare, il maglio si separa dal materiale grezzo mentre esce attraverso il foro.

5. Dopo essersi separato dal materiale grezzo, lo stampo superiore viene sollevato fino al punto morto superiore.

Da questa prospettiva, l'unico tempo in cui una macchina ha bisogno della sua piena potenza è durante il processo attivo del passo 2. E' giusto asserire che la macchina sta "ozinando" durante gli altri passaggi (1,3,4 e 5), e che sta lavorando solo circa un decimo del tempo.

Su una pressa ordinaria, lo stampo superiore è collegato al maglio della macchina, lo stampo inferiore al piano di lavoro della macchina, e la precisione della macchina garantisce l'accuratezza dell'allineamento tra i due stampi. In generale, dobbiamo chiederci perché venga usato lo stesso diametro e lo stesso numero di bulloni per collegare entrambi gli stampi. La ragione di ciò è che il collegamento dello stampo superiore deve sopportare il peso dello stampo e prevenire movimenti orizzontali. Ma a causa del fatto che il peso dello stampo inferiore è supportato dal piano lavoro della macchina, lo stampo inferiore ha bisogno solo di essere collegato in modo tale da prevenire spostamenti orizzontali. In aggiunta, le capacità dei bulloni di serraggio sono più o meno irrilevanti quando viene fatta la formatura, perché la forza del maglio, del piano di lavoro della pressa e degli stampi stessi, è sufficiente a sopportare il carico del getto. Di conseguenza, non sono affatto necessarie le viti. Tutto ciò che uno deve fare è:

- Standardizzare le dimensioni e lo spessore delle piastre di tenuta.
- Installare un'intelaiatura per queste piastre di tenuta sul letto del maglio.
- Allineare gli stampi, o mantenendo un grado elevato di accuratezza nel montare ciascuno stampo, o, dove ciò è inadeguato, praticando dei fori rastremati e usando dei perni come guide di allineamento.

Se viene utilizzato il metodo del set di stampi, nella maggior parte dei casi, la funzione di allineamento degli stampi verrà svolta dallo stampo stesso. In ogni caso, l'analisi della funzione delle varie presse eliminerà più o meno il bisogno

di serraggi tramite viti. Il solo metodo di interlocking basterà a realizzare adeguatamente questa funzione. L'adozione di questo metodo rende possibili sostanziali riduzioni dei tempi di setup. Come spiegato sopra, l'attuale tempo di lavorazione di una pressa è estremamente breve. Bisogna quindi considerare delle tecniche per utilizzare la sua energia efficientemente. Quando una pressa si sta sollevando, per esempio, la sua potenza può essere usata per:

- Attivare dei dispositivi per estrarre gli oggetti
- Attivare dei dispositivi per rimuovere gli scarti
- Attivare dei dispositivi per portare via gli oggetti
- Alimentare il sollevamento degli stampi superiori nelle presse che usano i set di stampi
- Alimentare i convogliatori che trasportano gli oggetti al processo successivo

Per riassumere, non si dovrebbe dare per scontato che le viti siano necessarie ogni volta che qualcosa ha bisogno di essere assicurata. E' estremamente importante analizzare le funzioni base e scegliere il metodo meno costoso e problematico di serraggio.

Direzione ed intensità delle forze

Dei metodi molto efficaci di assicurare gli oggetti possono essere trovati considerando le direzioni in cui le forze sono necessarie e l'intensità della forza necessaria in ciascuna direzione.

Per esempio, in una operazione, sei fermi erano avvitati ad ognuno dei sei alberi di una alesatrice. L'operazione era una seccatura perché le viti dovevano essere avvitate in condizioni di estremo intralcio. Dopo aver completato un'ispezione sul posto dell'operazione, Shingo chiese al capo sezione qual'era

la funzione dei fermi. Servono risposte questi, per regolare le posizioni durante la lavorazione. Shingo gli fece notare, che c'erano tre direzioni nello spazio: da sinistra a destra, da davanti a dietro, e da sopra a sotto. Quando il fermo era in funzione sull'albero opposto, i movimenti da sinistra a destra e da sopra a sotto erano entrambi prevenuti. Il problema era il movimento da davanti ad indietro. Il fermo infatti chiaramente sopportava una forza dalla direzione opposta. Una volta inserito, sarebbe stato supportato dall'estremità dell'albero. La difficoltà rimanente era determinare quanta forza era necessaria per rimuoverlo. Shingo suggerì che la rimozione del fermo dovesse coinvolgere, al massimo, abbastanza forza per la testa del pezzo da mantenere il contatto con la faccia del fermo una volta coperta d'olio. In quel caso non ci sarebbe stato bisogno di usare viti. Migliorarono l'operazione come segue (figura 5.9):

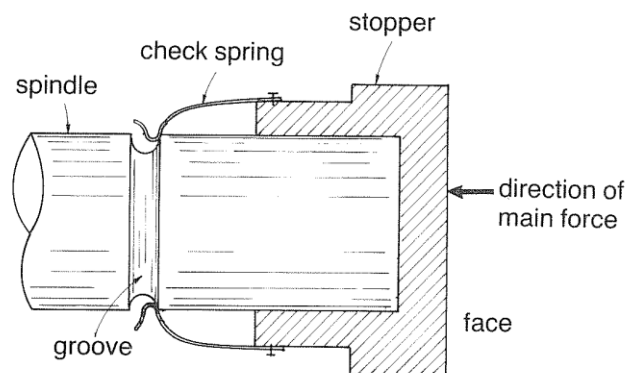


Figura 5.9 – Assicurare un fermo

- Le filettature furono rimosse per creare degli attacchi cilindrici.
- Scanalature di controllo circonferenziali a sezione semicircolare furono intagliate verso l'estremità degli alberi.
- Delle molle furono collegate in tre punti attorno al bordo di ciascun fermo. Quando un fermo veniva adattato su un albero, le molle e la

scanalatura venivano impegnate e la tensione della molla impediva al fermo di sfilarsi.

I fermi furono collegati semplicemente adattandoli agli alberi, e quindi semplificando grandemente l'operazione. Un'analisi delle direzioni e delle intensità delle forze necessarie ha condotto all'adozione di questo semplice metodo.

In breve, possono essere fatti dei miglioramenti efficaci studiando le funzioni dei sistemi di serraggio attuali invece di assumere che i sistemi filettati di serraggio vadano bene per ogni cosa.

5.3 Eliminazione degli aggiustamenti

Come già spiegato, gli aggiustamenti e i test di prova normalmente sono responsabili del 50% del tempo di setup. Eliminandoli, quindi, si ottiene un enorme risparmio di tempo. Notiamo che l'eliminazione degli aggiustamenti significa esattamente quello – eliminazione – non solo una riduzione del tempo ad essi dedicato. I test di prova e gli aggiustamenti sono resi necessari da centraggi e operazioni di misura inaccurate effettuate precedentemente nella procedura di setup. E' estremamente importante riconoscere che gli aggiustamenti non sono delle operazioni indipendenti. Per eliminarle, dobbiamo tornare indietro di un passaggio e migliorare le fasi iniziali del setup interno.

5.3.1 Rendere fisse le regolazioni numeriche

Eliminare gli aggiustamenti richiede, prima di tutto, l'abbandono dell'affidamento all'intuizione nella preparazione delle macchine per la

produzione. Le decisioni intuitive possono avere una qualche sorta di validità statistica, ma rimangono inesatte e non hanno la stessa precisione di regolazioni a valore costante.

Nelle frequenti visite di Shingo alle industrie, ha spesso detto ai capireparto: “Dato che sei così convinto del valore del determinare le regolazioni ad intuito, fallo tre volte sulla stessa macchina. Se ottieni gli stessi risultati ogni volta, non c'è problema. Se ottieni dei buoni risultati solo due volte, allora il metodo deve essere abbandonato.” “ Perché,” veniva chiesto a Shingo, “tre volte va bene, ma non due?” A questo rispondeva che nonostante tre prugne su una slot machine fossero una combinazione vincente, due prugne da sole erano senza alcun valore. Ciò provocava una risata, ma sottolineava anche un aspetto importante: fintanto che le regolazioni vengono fatte sulla base dell'intuito, non c'è modo di evitare i test di prova.

Il primo passo per liberarsi delle regolazioni è quello di eseguire delle calibrizioni. Quando prevale l'intuizione, non c'è modo di rappresentare le quantità fisse. Le calibrizioni hanno la meglio su questo problema. Tutti sanno cosa significhi “regolare al valore 5,” e lo stesso valore può essere usato la volta successiva. Inoltre è possibile anche ad altre persone regolare la macchina allo stesso valore. Nonostante le scale graduate stesse abbiano un impatto positivo, in nessun modo esse eliminano completamente le regolazioni. Allo stesso tempo però, l'uso di scale graduate porta a dei significativi miglioramenti nei setup coinvolgendo un'ampia gamma di possibili regolazioni. La lettura di calibrizioni visive generalmente concede accuratezza fino a 0.5 mm. Quando viene richiesta un'accuratezza maggiore, i calibri permettono un'altra magnitudine di precisione. Installare un calibro digitale rende possibile eseguire letture dell'ordine di 0.01mm, e un'accuratezza ancora maggiore può essere ottenuta con dispositivi a controllo numerico. L'utilizzo del metodo digitale è più che soddisfacente in questi casi. I dispositivi di misura per regolazioni numeriche sono stati grandemente migliorati negli anni recenti, così che i miglioramenti possono spesso essere ottenuti semplicemente

installando un sistema di misurazione sufficientemente accurato per il compito da svolgere. In una applicazione, una scala magnetica venne utilizzata per le operazioni di misura su una doppia incollatrice per falegnameria. Ciò aumentò in maniera notevole l'accuratezza e permise dei tempi di setup più veloci del metodo precedente, in cui le parallele erano regolate a vista. Quando le misurazioni richiedono valori numerici fissi, i calibri possono essere usati, per dei settaggi estremamente rapidi, per le operazioni di misurazione e di centraggio. Mentre il tipo di misure aumenta, però, il numero di calibri cresce e l'operazione diviene una cosa impacciata. In questa situazione, è possibile ridurre considerevolmente la varietà dei calibri usando combinazioni di un numero limitato di strumenti. Questa combinazione è determinata da una tecnica matematica basata sulle potenze di 2. Consideriamo questa serie:

$$1, 2, 4, 8, 16 \dots 2^n$$

In combinazione, i primi 4 termini possono rappresentare un qualunque numero fino a 15. Questo risultato si ottiene nel modo seguente:

- a
- $a + 1 = b$
- $a + b + 1 = c$
- $a + b + c + 1 = d$

Il numero di valori può essere incrementato continuando questa serie. A scopo di riferimento, la figura 5.10 da i valori da 1 a 35 espressi in termini di queste potenze. Quando questi valori sono moltiplicati per una potenza di dieci - 10, 100, 1,000, etc. - essi possono essere applicati ad una gamma considerevole di regolazioni di calibri comuni.

Totals Prime Nos.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35				
1	⊙		△		△																																		
2		⊙	△						△																														
4				⊙	△																																		
* 6						⊙							△								△	△	△																
* 7							⊙			△			△																										
8								⊙		△				△																									
11											⊙														△	△	△												
12												⊙													△	△	△												
14													⊙												△	△	△												
* 16																	⊙								△	△													
* 17																		⊙									△												
18																			⊙																				

1. ⊙ Only one gauge necessary
2. △ Combination of two gauges
3. Other combinations are possible
4. * May be omitted from the series if three-gauge combinations are permitted

Figura 5.10 – Potenze di due e numero di calibri

5.3.2 Linee centrali immaginarie e piani di riferimento

Quando viene effettivamente svolta un'operazione di setup su una macchina, non sono visibili delle linee centrali o dei piani di riferimento. Devono essere trovati per tentativo, il che può essere un processo lungo. Un certo numero di tecniche può risolvere questo problema.

Operazioni al tornio e tagli rastremati

In questo esempio, una sezione di ciascun albero doveva essere rastremata. La rastrematura veniva praticata tramite un tornio facendo avanzare la contropunta verso avanti. Regolare la quantità di cui la contropunta doveva avanzare era un compito molto difficile. Il seguente metodo arrivò al corretto settaggio dopo ripetuti tentativi, errori e test di prova:

- L'albero veniva fatto avanzare in maniera adeguata e poi tagliato. Il prodotto veniva misurato e venivano fatte ulteriori aggiustamenti dell'angolo di avanzamento.
- Un altro albero veniva tagliato, la rastrematura misurata e gli aggiustamenti eseguiti.

Questa era diventata un'operazione che richiedeva tempo ed abilità considerevoli. La difficoltà era aumentata dal fatto che era impossibile sapere in anticipo quanto far avanzare la contropunta dato che era stata già fatta una rastrematura nell'operazione precedente. Sono stati in grado di effettuare numerosi miglioramenti in questa operazione:

- Una scala di riferimento è stata messa sul piano di lavoro della macchina vicino alla contropunta e parallelamente alla linea centrale della macchina.

- Un calibro veniva regolato su questa scala. Il fianco della contropunta era premuto contro di essa. Ciò costringeva la contropunta ad essere parallela alla linea centrale e a posizionare il centro della contropunta sopra la linea centrale.
- Segni di calibrazione standard erano stati ricavati in una sezione della contropunta e un calibro digitale era appoggiato ad essi. L'angolo di avanzamento corrispondente alla rastrematura veniva quindi indicato sulla scala calibrata.

Con questo metodo, divenne possibile produrre prodotti lavorati correttamente subito dopo il setup iniziale.

La distinzione tra regolazione e aggiustamento non viene pienamente apprezzata in molte fabbriche. Molta gente è dell'impressione che gli aggiustamenti siano un male necessario nelle procedure di setup. Gli operai si vantano di quanto frequentemente, ingegnosamente e velocemente riescono a fare gli aggiustamenti necessari. Questa in effetti è un'abilità – una molto importante anche – ma non dobbiamo perdere di vista i miglioramenti che possono rendere gli aggiustamenti non necessari. Dobbiamo riconoscere chiaramente che la regolazione e l'aggiustamento sono due funzioni completamente differenti. Il nostro scopo dovrebbe essere progettare misure basate sulle varie regolazioni e non sugli aggiustamenti. Un approccio molto efficace è quello di sostituire delle linee centrali e dei piani di riferimento visibili a quelli immaginari. Questo approccio è applicabile a trapani a colonna, a macchinari per la fresatura, e a tutte le altre macchine utensili.

Settare i centri su una macchina per la fresatura

Presso la D Plastic, realizzare uno stampo per materie plastiche implicava l'allineamento del centro del tagliente della macchina per la fresatura con il

centro del pezzo da lavorare. Nell'operazione usuale, che è noiosa e richiede un certo grado di abilità, il tagliente veniva premuto contro il materiale. La misura dipendeva dai segni fatti sul pezzo da lavorare. Questa operazione è stata migliorata considerevolmente nel modo seguente (Figura 5.11):

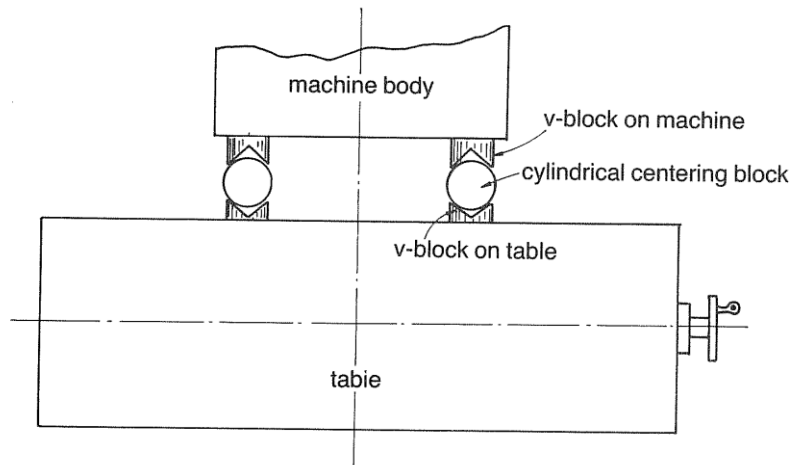


Figura 5.11 – Centraggio su una macchina per la fresatura (vista dall'alto)

1. Due blocchi a V sono stati installati sulla macchina, paralleli alla linea centrale del piano di lavoro della macchina, per funzionare da maschere di centraggio.
2. Due ulteriori blocchi a V paralleli a questa linea centrale sono stati montati sul piano di lavoro stesso.
3. Sono stati realizzati dei blocchi standard cilindrici. Premendoli contro il piano di lavoro in modo tale che fossero tenuti tra i blocchi a V, hanno permesso di allineare il centro del piano di lavoro con il centro del tagliente.
4. Quando il pezzo da lavorare è stato montato al centro del piano di lavoro, era allineato con il tagliente. I tagli di prova sono così divenuti non necessari.

La linea centrale del tagliante era immaginaria. Dato che la lavorazione su una macchina per la fresatura implica un costante movimento avanti ed indietro della slitta, non esisteva in precedenza una linea di riferimento. Il miglioramento di base è consistito nell'utilizzare blocchi a V e blocchi cilindrici per riportare la slitta ad una linea di riferimento, e poi realizzare i settaggi da quella posizione. Un altro problema emerse presto. Anche se il pezzo da lavorare veniva centrato facilmente, si spostava di 0,05 mm mentre veniva assicurato con dei morsetti e bloccato con dei bulloni. Ciò era seccante perché significava fissare temporaneamente il pezzo, misurarlo con un calibro digitale, eseguire delle regolazioni, e poi fissare il pezzo sistemato cercando di non disturbare alcunché. Dopo aver studiato l'operazione, Shingo chiese al manager della sezione se sapeva perché mettere due paia di calzini prevenisse dal ritrovarsi con le vesciche quando si usavano scarpe da golf troppo strette. Questi gli rispose di non saperlo, e così Shingo gli diede la seguente spiegazione: Supponendo che f_s sia il coefficiente d'attrito tra i calzini e le scarpe. Quando si indossa un solo strato di calzini, f_s è più grande del coefficiente di attrito tra i calzini e i piedi (f_t), così i calzini aderiscono alle scarpe e sfregano liberamente contro la pelle, provocando le vesciche. Indossando un altro strato di calzini, invece, i calzini esterni aderiscono alla scarpa, e quelli interni aderiscono ai piedi; lo sfregamento avviene quindi solo tra i calzini esterni e quelli interni. Non vengono le vesciche perché i piedi non vengono strofinati. In maniera simile, se si usa solo una rondella per collegare il pezzo da lavorare alla macchina per la fresatura, allora l'attrito aumenterà gradualmente tra la parte inferiore della rondella e la parte superiore del morsetto mentre viene serrato. La forza d'attrito sulla superficie inferiore del morsetto provocherà lo spostamento del pezzo. Fissarono quindi il pezzo usando due rondelle sul morsetto, con una goccia di olio tra di esse. La rondella inferiore non si mosse più ed il pezzo rimase al suo posto. Furono così in grado di liberarsi delle inutili operazioni di fissaggio temporaneo, di regolazione e quindi del fissaggio finale.

Regolare le posizioni di una punta da trapano su un trapano a colonna a più mandrini

Presso la H Optics, un trapano a colonna a più mandrini veniva utilizzato per creare dei fori di uguale uguale profondità su delle flange. Un'operazione apposita veniva eseguita per determinare le posizioni adatte delle punte. Gli operai erano spesso incapaci di determinare le corrette posizioni delle punte, così Shingo era stato chiamato per osservare l'operazione di setup. La posizione di ciascun sostegno per le punte veniva regolata collegando il pezzo da lavorare al piano di lavoro e poi venivano usati dei segni per allinearli con la testa del trapano. Dato che le sei posizioni non potevano essere determinate contemporaneamente, dovevano essere fatte delle regolazioni ripetute. Ciò richiedeva un tempo elevato. La linea centrale di questo trapano a colonna passava attraverso il supporto della testa del trapano, ma questa era una linea immaginaria e non c'era una linea di riferimento corrispondente sul piano su cui i pezzi da lavorare venivano montati. Shingo propose quindi di trasferire la linea corrispondente al centro della macchina sul piano di lavoro. Crearono un foro rastremato nel centro del piano di lavoro che era allineato esattamente con il centro della macchina. Lo stelo di una maschera è stato poi inserito in questo foro rastremato. Sopra di esso, montarono una maschera che determinava la posizione del centro del foro. Il sostegno della punta veniva quindi premuto contro di essa. In questo modo era possibile regolare le posizioni del trapano con un unico movimento.

Questo esempio, in cui il centro immaginario di una macchina viene reso visibile, dimostra il principio di effettuare operazioni di setup senza regolazioni.

Sistemare i pezzi da lavorare su una dentatrice

Presso le Z Enterprises, un tagliente era montato su una dentatrice e una ruota dentata ancora da lavorare veniva inserita in modo tale che potesse essere intagliata in una ruota a denti elicoidali. Questa operazione implicava la regolazione dell'allineamento del sostegno del pezzo da lavorare in accordo con le variazioni delle dimensioni dei taglienti della macchina e dei pezzi da lavorare. Precedentemente, il tagliente della macchina veniva sistemato in centro, ruotato e fatto avvicinare gradualmente al pezzo sul porta pezzo. Nell'istante in cui avveniva il contatto, il porta pezzo veniva fermato e fissato. Individuare il preciso momento del contatto richiedeva una gran quantità di abilità. Questo setup fu migliorato nel modo seguente (Figura 5.12):

- Uno stelo di riferimento per il tagliente è stato installato in un posto corrispondente al centro dell'asse del tagliente sul piano di lavoro fisso della macchina.
- Un piano di riferimento è stato montato a lato del sostegno per il pezzo da lavorare.

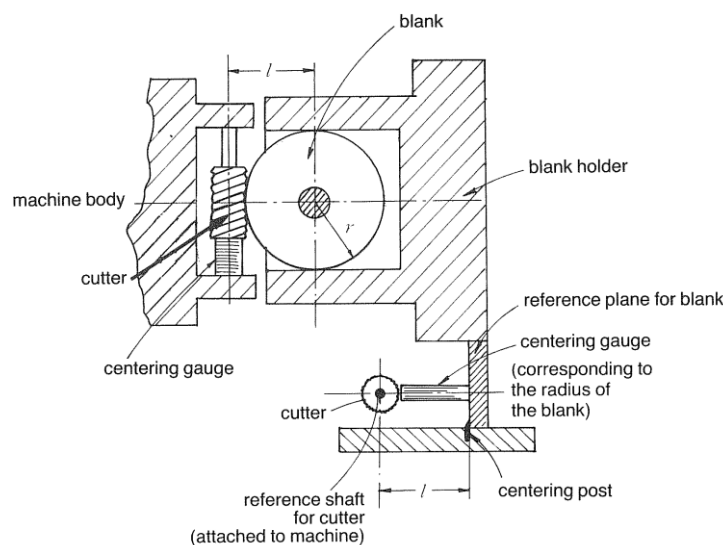


Figura 5.12 – Regolare la posizione di un pezzo da lavorare

Questo nuovo setup si è svolto in 4 passaggi:

1. Il tagliente da usarsi sullo stelo di riferimento è stato montato.
2. Una sagoma corrispondente al raggio del pezzo da lavorare è stata inserita tra il tagliente ed il piano di riferimento. Il sostegno del pezzo da lavorare è poi stato messo a contatto con il tagliente.
3. Questa posizione è stata segnata con un perno di centraggio.
4. Il tagliente è stato montato sull'albero del tagliente e quindi ruotato. Il pezzo è stato montato sul porta pezzo. Poi il porta pezzo è stato fissato nella posizione indicata dal perno di centraggio.

Questo ha eliminato il compito impegnativo di determinare la posizione del porta pezzo durante la rotazione del tagliente. In questa operazione, era necessario allineare i centri del tagliente e della macchina. Anche questo passaggio è stato semplificato e l'allineamento è stato reso più semplice: un piano di riferimento è stato montato sulla parte che unisce all'albero del tagliente, e varie forme a sella sono state utilizzate per regolare il centro di ogni tagliente, a seconda della lunghezza dei taglienti.

Altezza delle sagome e regolazione del centro

La F Precision Instruments è un'azienda manifatturiera di stampi in metallo per macchine di forgiatura e di stampaggio di materie plastiche. Mentre i disegni mostrano spesso le misure a partire da una linea centrale, non mostrano le misure prese da un piano di riferimento usato nella lavorazione. Per questa ragione, era necessario sistemare il materiale grezzo su una superficie e poi segnare le posizioni dei fori o delle parti da tagliare.

- Il materiale era per prima cosa posizionato correttamente per mezzo di una livella, e poi tenuto sollevato tramite un martinetto.

- L'altezza della superficie superiore veniva misurata con un calibro per altezze.
- I valori dei disegni venivano consultati, la distanza dalla posizione del centro calcolata, ed il centro segnato con un calibro per altezze. Veniva creata una tolleranza per i margini superiori ed inferiori di taglio.
- Con questa linea centrale come riferimento, le posizioni dei fori e le sezioni da tagliare venivano segnate successivamente. Utilizzando i disegni, era poi possibile calcolare i valori per regolare la linea centrale.

Tutto ciò era una seccatura e portava a perdere tempo di lavorazione. Inoltre, errori di calcolo occasionali portavano a difetti di qualità. Vennero fatti i seguenti miglioramenti:

- Una scala delle altezze appositamente progettata è stata sviluppata attaccando una scala ausiliaria, o un nonio, al retro di un calibro per altezze regolare. Un punto centrale era segnato sul nonio, con una scala graduata sopra e sotto di esso.
- Con il pezzo da lavorare tenuto a livello, le dimensioni della sua faccia superiore sono state misurate con un calibro per altezze. Poi il centro della scala principale è stato regolato e fissato all'altezza di questa superficie.
- Con il disegno come riferimento, l'ago indicatore sulla scala principale è stato abbassato di una quantità corrispondente alla distanza tra la linea centrale e la superficie superiore più un valore stimato per i margini di taglio.
- Il centro del nonio è stato quindi allineato con l'ago sulla scala principale. L'ago del nonio indicava ora il punto centrale, così le misure sopra e sotto la linea centrale potevano essere segnate muovendo l'ago lungo il nonio.

Questo ha liberato dal bisogno di fare calcoli basati sui disegni ed ha virtualmente eliminato gli errori che ne derivavano. Nonostante sembri triviale,

gli operai facevano spesso errori nelle sottrazioni, e questo aveva a sua volta causato la necessità di controlli ripetuti dei loro calcoli. Con la procedura migliorata, ognuno poteva segnare le divisioni semplicemente utilizzando il calibro per altezze appositamente costruito.

5.3.3 Il sistema del minimo comune multiplo

Il sistema del minimo comune multiplo può essere pensato come una tecnica per eliminare le regolazioni. E' un metodo potente basato su un semplice concetto aritmetico. Il nome si riferisce alla nozione di fornire un numero di meccanismi corrispondenti al minimo comune multiplo di varie condizioni operative. Gli operai poi eseguono solo le funzioni richieste per una data operazione. Questo può migliorare enormemente la velocità delle operazioni di setup. Uno slogan che nasce da questo metodo è: *Lascia stare il meccanismo, e modifica solo la funzione.*

Cambio degli stampi per la formatura delle materie plastiche con un unico movimento

Questo esempio deriva da un'operazione per la formatura plastica dei telecomandi per la televisione. Caratteristiche importanti del processo di produzione includevano le seguenti:

- Era necessario cambiare stampi perchè le due parti che venivano prodotte, A e B, richiedevano differenti tipi di resine.
- I grandi ordini di queste parti richiedevano l'uso di una macchina per un mese intero.

- Per evitare un eccesso d'inventario di una o dell'altra parte, i lotti venivano alternati giornalmente. Ciò aveva condotto ad una enorme quantità di tempo di setup.

I miglioramenti descritti più in basso risolsero successivamente la situazione. Come mostrato in figura 5.13 , 4 stampi - A1, A2, B1, B2 - erano ricavati nel blocco di un singolo stampo. Il flusso della resina era diretto nello stampo A1 e in quello A2 quando la parte A veniva prodotta, e in quello B1 e in quello B2 quando la parte B veniva prodotta, semplicemente ruotando di 90° i canali centrali per la resina. Ciò ha reso possibile eseguire cambi di setup e delle resine in 5 minuti o meno. Aumentando la produttività e riducendo notevolmente i magazzini, questo metodo ha permesso di prendere due piccioni con una fava.

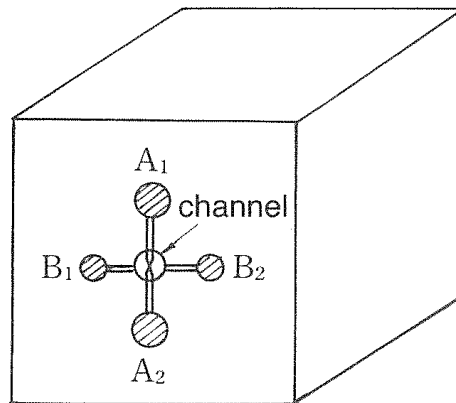


Figura 5.13 – Cambio degli stampi con un unico movimento

Ispezionare l'oscillamento delle ruote sterzanti

La Toyota utilizzava un dispositivo speciale per ispezionare le ruote sterzanti stampate. Una maschera che si adattava alla ruota sterzante di ciascun modello di macchina – Crown, Corolla, Corona, e Celica – veniva montata al centro di

questo dispositivo. Sistemare la maschera centrale richiedeva una grande accuratezza. Dato che questo era superiore alle abilità degli operai part time che si occupavano dell'ispezione, un supervisore di cambio si occupava del setup. Restituiva l'operazione agli operai solo dopo ripetuti centraggi ed aggiustamenti che gli permettessero di allineare la maschera. In aggiunta al richiedere un elevato livello di abilità, questa operazione manteneva gli operai inoccupati durante l'intera procedura di centraggio. Un circolo di controllo della qualità assegnato allo studio del problema se ne venne fuori con i seguenti suggerimenti (Figura 5.14):

- Costruire un banco d'ispezione a forma di scatola.
- Sulle sue 4 faccie montare le speciali maschere centrali per ciascun modello di auto, una per ogni faccia, controllando che nessuna delle maschere oscilli affatto.
- Nell'attuale operazione, ad esempio della Corolla, girare verso l'alto la faccia appropriata del banco d'ispezione e tenerla ferma al suo posto tramite un fermo.

Con questa procedura, non c'era bisogno di centrare ogni maschera ad ogni cambio di operazione. Inoltre, l'operazione di setup poteva essere svolta facilmente, velocemente e indipendentemente anche da un operaio part time.

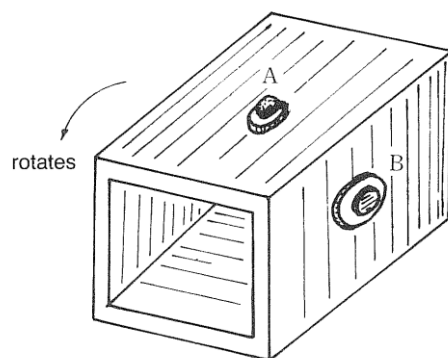


Figura 5.14 – Maschera rotante

Alesatura svasata degli alberi del corpo motore

Questa operazione implica l'utilizzo di un trapano per creare un foro svasato per una vite stazionaria nell'albero di un corpo motore. Dato che le anime erano di 8 lunghezze differenti, i fermi dovevano essere riposizionati ogni volta che l'operazione cambiava. Questo richiedeva ripetuti test di prova e regolazioni, seguenti questa procedura:

- Il fermo veniva allentato e riposizionato.
- Le misure venivano quindi eseguite e un setup preliminare veniva stabilito.
- Veniva condotto un test di prova. Se falliva era seguito da ulteriori aggiustamenti.
- Quando le corrette misurazioni erano state eseguite, il fermo veniva fissato e l'operazione iniziava.

Con i miglioramenti suggeriti in Figura 5.15, l'intera operazione è stata enormemente semplificata:

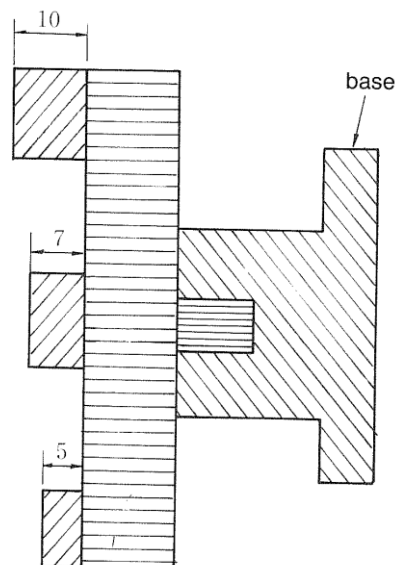


Figura 5.15 – Fermo rotante

- Tamponi di fermo di 8 diverse altezze sono stati creati e montati su una singola piastra.
- Quando l'operazione cambiava, tutto quello che bisognava fare era ruotare la piastra per usare il fermo dell'altezza desiderata. La piastra veniva poi bloccata.

Questa sistemazione eliminava il bisogno di aggiustamenti o di test di prova. Mentre il vecchio metodo produceva tre o quattro prodotti a standard inferiore ogni volta, questa nuova tecnica ridusse quel numero a zero.

Cambio delle punte su un tornio automatico

Presso le AT Industries, la lavorazione di due tipi di albero a camme richiedeva il cambio di 4 punte su un tornio automatico ad ogni setup. L'operazione era originariamente eseguita nella maniera seguente:

- Rimuovere le 4 punte dell'operazione precedente.
- Montare le 4 nuove punte e usare dei calibri per regolarle.
- Condurre dei test di prova, misurare il prodotto e effettuare le regolazioni.
- Dopo aver raggiunto le misure corrette tramite ripetute regolazioni, iniziare il taglio.

Furono fatti due miglioramenti significativi in questa operazione di setup (Figura 5.16):

- Un portautensili rotante è stato costruito. 4 punte sono state montate sul davanti e 4 sul retro.

- Il setup consisteva ora nel ruotare semplicemente il portautensili di 180 gradi per sistemare il set di punte appropriate in posizione. L'operazione seguente può quindi iniziare.

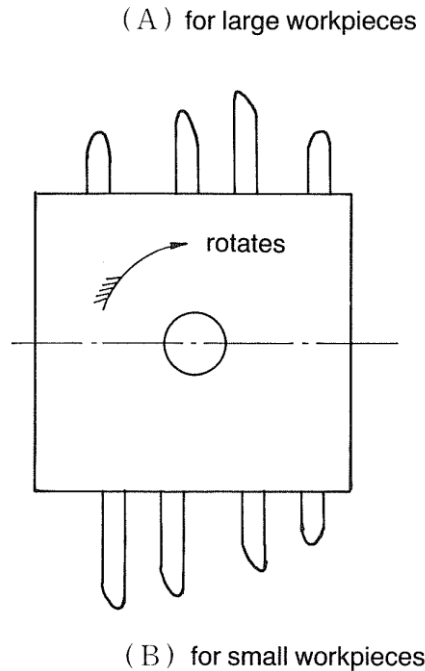


Figura 5.16 – Portautensili rotante

Cambiare i profili sagomati

Il taglio degli alberi su un tornio a copiare presso la H Optics coinvolgeva un problematico cambio di profili sagomati. La procedura consumava parecchio tempo perché necessitava di grande abilità, precisione, e regolazioni ripetute. Tutto questo risultava in un collo di bottiglia nel processo di produzione. Durante una visita all'impianto, Shingo vide che i provini erano affusolati e tagliati attorno alla loro circonferenza. Fece notare che la funzione a copiare

avrebbe potuto essere su un profilo piano invece che su uno cilindrico. Montando sei profili piani su un albero, si potevano ottenere le varie funzioni a copiare facendo ruotare l'albero. Questo miglioramento rese possibile eseguire i cambi di setup con una rotazione di un sesto dell'albero dei profili (Figura 5.17). Dato che in passato erano sempre stati usati dei profili a forma di albero, era stato assunto che i profili dovessero essere rimossi per essere cambiati. La chiave di questo miglioramento è stata la realizzazione che si aveva solamente bisogno di un profilo lineare per realizzare questa funzione. La procedura migliorata portò anche ad una riduzione significativa del tempo e dell'abilità necessaria per eseguire tale compito.

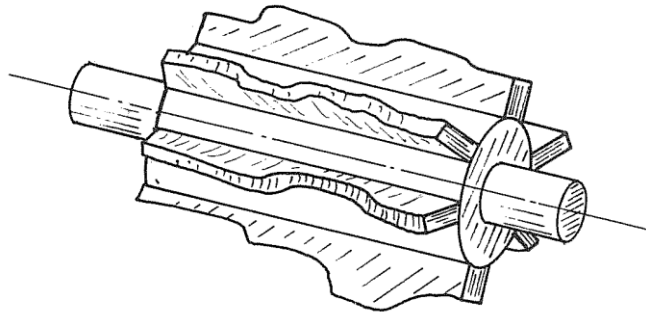


Figura 5.17 – Profili sagomati rotanti

Regolare gli intervalli su una macchina per la molatura

La H Iron Works produce alberi di forme e dimensioni mutevoli. Dato che la profondità delle superfici dipende dalla dimensione esterna dell'albero, ogni cambio di setup richiedeva diversi passaggi:

- Rimuovere la ruota di molatura esterna.

- Estrarre un distanziatore
- Inserire un distanziatore della larghezza seguente.
- Rimontare la ruota di molatura.

Furono fatti diversi cambiamenti per migliorare questo setup (Figura 5.18):

- Gole della stessa profondità sono state realizzate in quattro posizioni attorno alla circonferenza di ciascuno dei due distanziatori a forma di anello.
- Per la lavorazione degli alberi più grandi, i picchi delle gole ricavate nei due distanziatori venivano posti a contatto, lasciando degli spazi aperti tra di essi.
- Per gli alberi più piccoli, i picchi e le valli dei due distanziatori combaciavano perfettamente.

Ciò ha eliminato il compito seccante di rimuovere costantemente le ruote di molatura e sostituire i distanziatori.

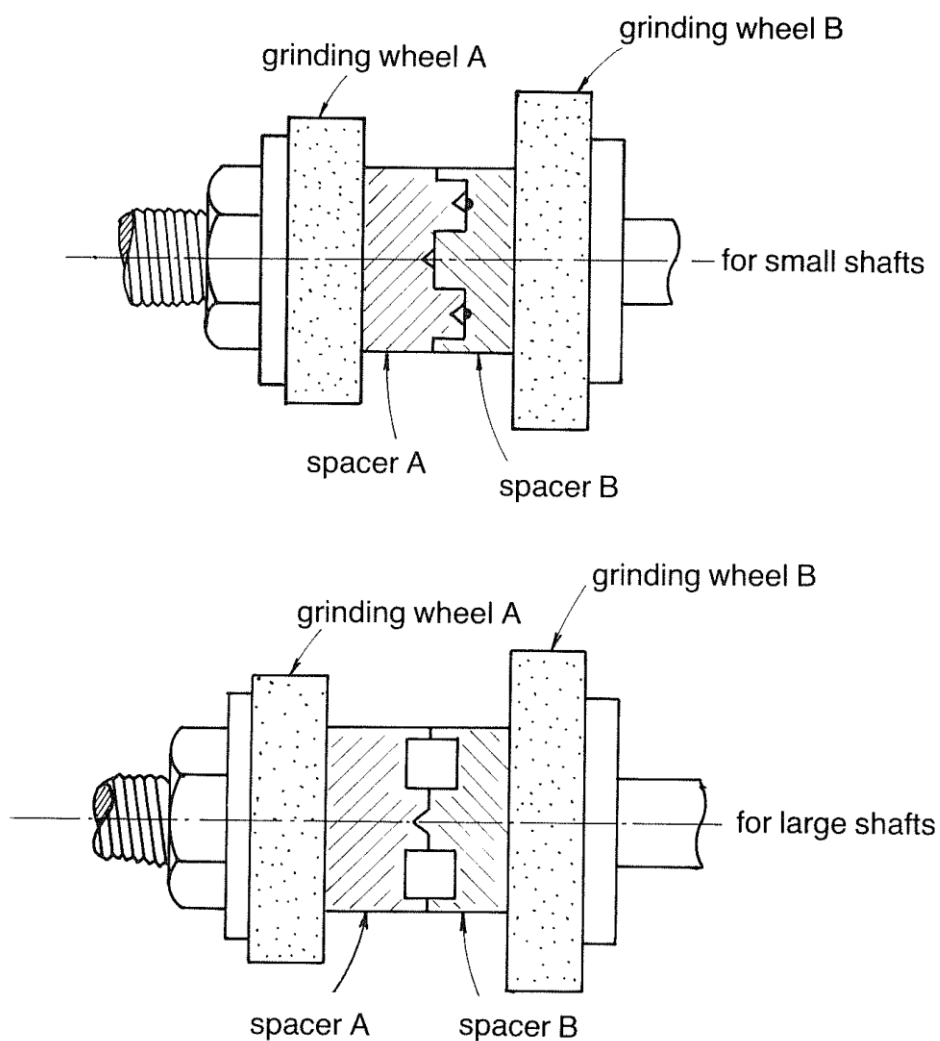


Figura 5.18 – Regolazione degli intervalli sulle superfici di molatura

Cambio degli stampi di una pressa con un unico movimento

In questo caso, il setup veniva realizzato su una pressa da 500 tonnellate usata presso la M Electric Company per creare lavatrici. La ditta produceva diversi tipi di macchine, inclusi modelli con apertura a destra e a sinistra, modelli base e deluxe. In aggiunta erano disponibili due tipi di posizionamento degli interruttori di controllo. Anche se il corpo base era lo stesso per tutti i modelli,

erano necessari 8 diversi tipi di setup per i vari fori e le scanalature. I risultati dei miglioramenti meccanici in questo caso sono stati:

- Una pressa combinava le funzioni per tutti e 8 i tipi di modelli.
- Un distanziatore poteva essere inserito e rimosso per abbassare il maglio e i punzoni.
- Il distanziatore poteva essere controllato elettronicamente.

Azionando degli interruttori su un pannello di controllo, un operaio poteva eseguire dei cambi istantanei così che, per esempio, 2 modelli standard potevano essere seguiti da uno deluxe, da 5 con apertura a destra, e da 3 modelli con apertura a sinistra. Questa produzione alternata ha portato a una considerevole riduzione degli inventari e a una notevole riduzione dei tempi di setup.

Setup su un trapano a colonna a alberi multipli

In questa operazione i fori sono stati fatti su parti fissate in quattro o sei punti. A causa del fatto che ogni cambiamento nel tipo del pezzo da lavorare richiedeva una nuova regolazione del porta punta, il tempo di setup era considerevole. Due porta punta sono stati aggiunti, così un totale di 8 porta punta ha permesso entrambe le configurazioni a 4 ed a 6 punte (Figura 5.19). Quando dovevano essere effettuati 4 fori, le punte venivano montate sui porta punte della configurazione a 4 fori e gli altri 4 porta punte lasciati vuoti. Quando dovevano essere fatti 6 fori, le punte erano montate nei porta punta della configurazione a 6 fori e i rimanenti due porta punta erano lasciati vuoti. Ciò ha reso possibile cambiare tra le due configurazioni semplicemente inserendo o rimuovendo le punte. Il risultato è stata l'eliminazione delle regolazioni dei cambi di setup e un setup che poteva essere svolto in circa due minuti.

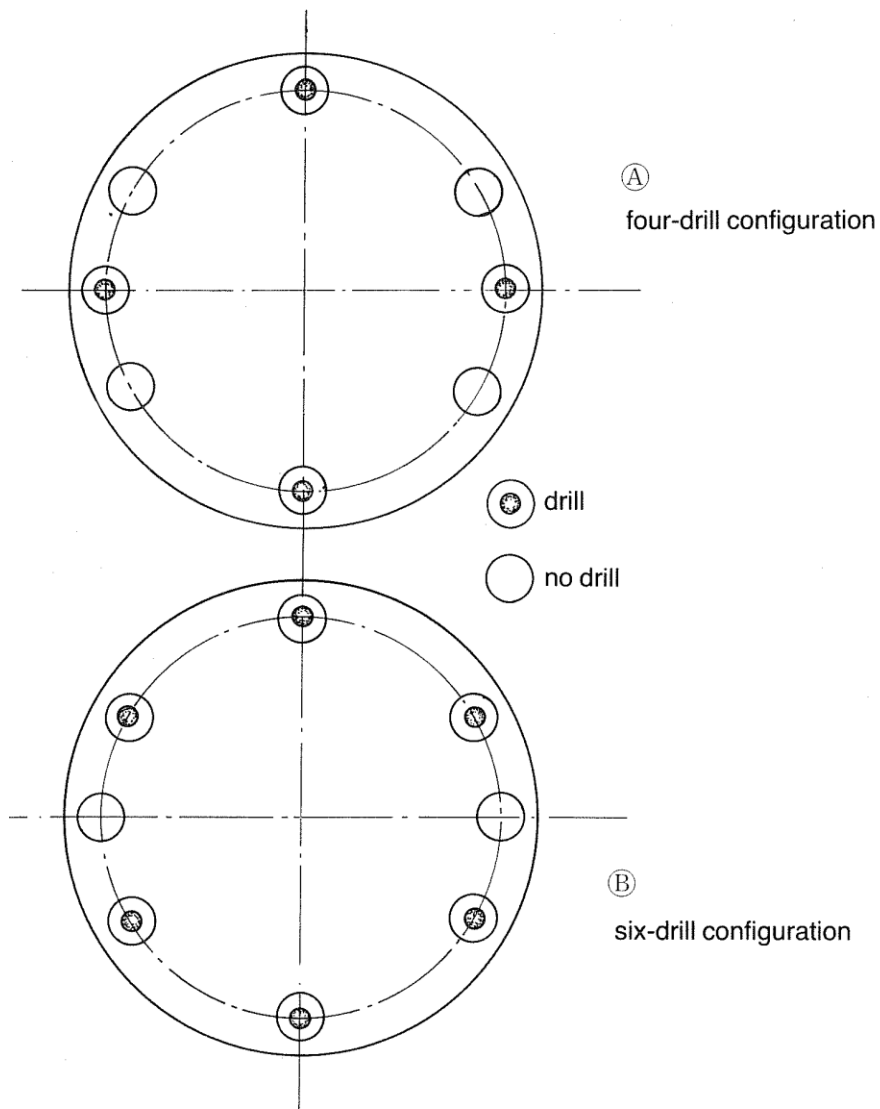


Figura 5.19 – Setup su un trapano a colonna a alberi multipli

Stampi di piegatura a doppia memoria

La K Industries è un'azienda manifatturiera di schedari, scrivanie e altri mobili per l'ufficio. Presso la sua fabbrica, sono necessarie due operazioni di

piegatura, a forma di L ed a forma di U, per dare la forma alle lamiere laterali degli schedari. Queste operazioni sono state svolte in precedenza su una singola macchina per la piegatura. Le lamiere laterali che erano state piegate una volta tendevano quindi ad accumularsi attorno alla macchina. Non solo occupavano unna grande quantità di spazio, ma venivano anche spesso danneggiate negli spostamenti. L'operazione è stata migliorata sviluppando un sistema di piegatura a doppia memoria: la prima operazione di piegatura veniva eseguita tramite il primo stampo, e la seconda piegatura tramite il secondo stampo. Ciò ha reso possibile lavorare i prodotti in maniera continua tramite una procedura tipica delle linee di assemblaggio. I beni non sono stati più accumulati vicino alla macchina, e un flusso continuo veniva inviato all'operazione seguente. Le operazioni di spostamento furono ridotte grandemente, le ore di manodopera diminuite, e la produttività aumentò di circa il 20%.

Posizionamento delle lavatrici

Il montaggio automatico è un processo intermedio nell'assemblaggio delle lavatrici. In questo processo, dei fermi di posizionamento vengono installati su di un pallet dove la lavatrice deve essere sistemata. In questo esempio, c'erano 4 modelli, e ciascun cambio richiedeva un riposizionamento dei fermi. Questa operazione è stata modificata sistemando negli angoli del pallet 4 fermi che venivano fatti ruotare automaticamente appena prima dell'inizio dell'assemblaggio (Figura 5.20). Le larghezze e le profondità dei modelli delle lavatrici variavano, e i fermi rotanti erano fatti con delle scanalature corrispondenti a queste differenze. Potevano essere girati facilmente nella posizione adatta. Questo cambio ha reso il setup molto semplice ed ha eliminato il bisogno della manodopera. Venne adottata una produzione in piccoli lotti, e non nacquero problemi nonostante l'incremento del numero di setup.

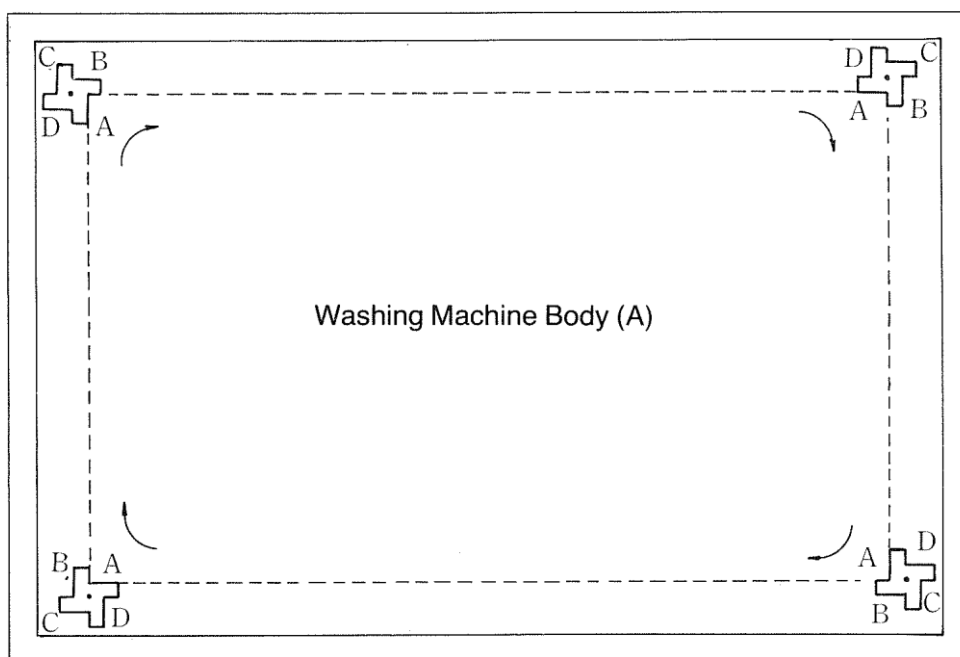


Figura 5.20 – Posizionamento del corpo delle lavatrici

Cambiare gli interruttori di fine corsa

Questo esempio riguarda un'operazione in cui un interruttore di fine corsa controlla il punto finale della lavorazione per la creazione di alberi. Dato che c'erano 5 tipi di alberi coinvolti, l'interruttore aveva bisogno di muoversi tra 5 posizioni. Ogni volta che si cambiava una posizione, si doveva seguire un certo numero di passaggi. Primo, l'interruttore veniva spostato. Poi venivano condotti dei test di prova per verificare che l'interruttore si trovasse nella posizione giusta. Se non lo era, venivano fatte delle regolazioni. La sua posizione veniva quindi ricontrollata. Con questo sistema, bisognava fare almeno 4 nuove regolazioni. L'operazione è stata migliorata nel modo seguente (Figura 5.21):

- Sono stati montati 5 interruttori – uno in corrispondenza di ognuna delle cinque posizioni.
- Un interruttore elettrico è stato montato per fornire corrente a ciascuno dei cinque interruttori di fine corsa.
- Per attivare, ad esempio, il terzo interruttore di fine corsa, solo il terzo interruttore veniva acceso; nessuna corrente fluiva negli altri interruttori, che rimanevano spenti. Il sistema funzionava similmente per gli altri interruttori di fine corsa.

Questa soluzione ha permesso di eseguire cambi di setup semplicemente spostando un interruttore. Ciò ha dimostrato la riuscita applicazione del concetto di “one-touch”. Utilizzando questa tecnica, è divenuto possibile cambiare gli interruttori di fine corsa in meno di un secondo.

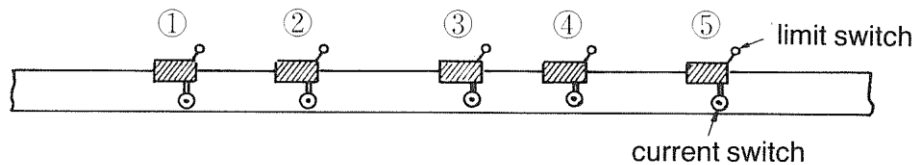


Figura 5.21 – Cambio degli interruttori di fine corsa

Il grande numero di esempi del sistema Minimo Comune Multiplo è stato presentato per due motivi. Il primo è che con questo sistema, incredibilmente facile, sono possibili dei miglioramenti enormemente efficaci. Il secondo è che questi esempi possono essere applicati in una grande varietà di situazioni se un ingegnere affronta solo il problema di modificarli in accordo con le condizioni del proprio impianto.

È importante riconoscere che il sistema del Minimo Comune Multiplo si basa su due principi fondamentali:

- Eseguire delle regolazioni, non degli aggiustamenti.
- Cambiare solo le funzioni; lasciare inalterati i meccanismi.

Indubbiamente molti miglioramenti possono essere fatti esaminando le operazioni alla luce di questo concetto.

5.3.4 Meccanizzazione

Solo dopo aver fatto ogni tentativo per migliorare il setup utilizzando i metodi che abbiamo già descritto si dovrebbe considerare la meccanizzazione. Teniamo a mente che le molte tecniche base che abbiamo analizzato finora serviranno spesso a ridurre un setup di due ore a uno che richiede circa tre minuti. La meccanizzazione può poi ridurre ulteriormente tale tempo di circa un minuto. Evitiamo però l'errore di saltare direttamente alla meccanizzazione dall'inizio. C'è una ragione molto semplice per ciò. La meccanizzazione di una operazione di setup inefficiente permette di ottenere riduzioni di tempo, ma farà poco per rimediare agli errori base di un processo di setup mal progettato. E' molto più efficace meccanizzare un processo di setup che è già stato snellito.

Meccanizzazione della movimentazione degli stampi

Nonostante il fatto che i taglienti piccoli, le maschere, gli stampi e i calibri non costituiscano un gran problema, la meccanizzazione è essenziale per la movimentazione degli stampi delle grandi presse, delle presse per forgiatura e delle macchine per la formatura delle materie plastiche. I metodi seguenti si occupano di questo tipo di meccanizzazione.

Utilizzo dei carrelli a forche per l'inserimento sulle macchine.

L'utilizzo dei carrelli a forche per allineare gli stampi ed inserire gli elementi sulle macchine è sia semplice sia largamente praticato. Si richiede di condurre operazioni in contemporanea così come di avere una buona dose di ingegnoserità.

Mensole mobili

Questo metodo è conveniente per la movimentazione di stampi pesanti utilizzati su grandi presse. E' inoltre più conveniente quando due mensole vengono fatte muovere in parallelo. Bisogna però fare le debite considerazioni a causa dell'elevato investimento necessario per l'equipaggiamento.

Convogliatore a rulli

Stampi di medie dimensioni possono essere inseriti nelle macchine tramite dei convogliatori a rulli. Un singolo carrello a rulli può consegnare un set di stampi e ritirare gli stampi dell'operazione precedente. In una variazione di questo metodo, vengono usati due carrelli. I vecchi stampi vengono rimossi dalla macchina, e i nuovi stampi, che sono stati portati tramite un carrello, vengono montati. Allo stesso tempo, i vecchi stampi vengono caricati su un secondo carrello e portati via. Questo metodo viene spesso utilizzato quando viene impiegata la forza lavoro umana invece di quella meccanica.

Il metodo del circuito

Quando si utilizzano stampi piccoli, qualche volta un convogliatore a rulli è disposto attorno ai lati e sul retro di una macchina. Gli stampi che devono essere usati per una data operazione sono allineati sul convogliatore. Il setup consiste nel muovere da destra a sinistra, e nell'inserire e rimuovere gli stampi nell'ordine. Questo è sicuramente un tipo di approccio, anche se non merita una raccomandazione troppo entusiastica. Alcuni impianti eseguono setup successivi con l'aiuto di rastrelliere del tipo elevatrici costruite ad entrambi i lati della macchina.

Porta stampi ribaltabili

Un metodo comune e conveniente per operare con gli stampi di medie e di piccole dimensioni fa uso di un porta stampo ribaltabile montato su un convogliatore a rulli. Dopo aver prelevato il vecchio stampo, il porta stampo viene girato così che il nuovo stampo possa essere inserito nella macchina.

Il metodo del cuscino di gomma.

Un apparato costituito da un cuscino di gomma da inserire nella scanalatura a coda di rondine di una pressa può essere molto utile. Questo dispositivo funziona nel modo seguente:

- Dei cuscinetti a sfere o a rulli sono installati sul lato superiore del cuscino.
- Della gomma uretanica abbastanza rigida viene incollata alla parte inferiore.

- Quando uno stampo viene inserito, l'elasticità della gomma permette alle teste dei cuscinetti di proiettarlo sul piano. Il nuovo stampo può quindi essere inserito con una leggera spinta.
- Quando lo stampo è collegato e fissato con i bulloni, la gomma si contrae e i cuscinetti sprofondano al di sotto del livello del piano.
- La rimozione viene eseguita nell'ordine inverso.

Questo apparato è largamente usato perché può essere costruito economicamente.

Il metodo del cuscino ad aria.

Alcuni dispositivi sul mercato usano l'aria compressa con lo stesso effetto del cuscino di gomma appena descritto. Questo metodo permette inoltre un trasporto semplice ed economico degli stampi (Figura 5.22). Il cuscino ad aria utilizza inoltre un metodo di aggancio semplice:

- Come mostrato nella parte destra della figura, dei cuscinetti liberi sono inseriti in fori fatti nella mensola di una pressa o di una macchina simile.
- Facendo attenzione alla profondità del foro, A è regolato a 2 mm (+0/- 0.5), come mostrato a sinistra.

In un altro metodo, delle sfere sono inserite nel piano di lavoro di una grande pressa. Quando le sfere sprofondano sotto il peso di uno stampo, viene rilasciata dell'aria per sorreggere lo stampo. Nonostante questo metodo permetta ad un operaio di inserire abbastanza facilmente stampi di grandi dimensioni, l'apparato è più costoso di quello con un semplice cuscino ad aria.

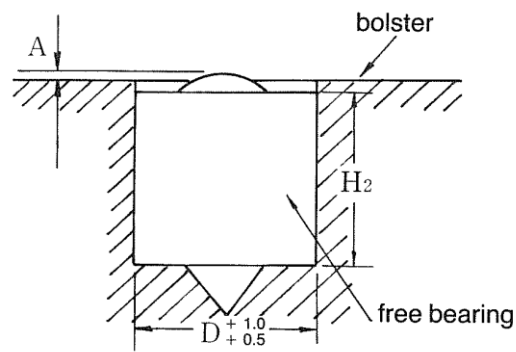


Figura 5.22 – Cuscino ad aria

Vari altri dispositivi di miglioramento che dipendono dalla meccanizzazione del movimento degli stampi sono inoltre disponibili. Nello scegliere fra di essi, si devono pesare i vantaggi e i costi dell'attrezzatura necessaria.

Meccanizzazione del fissaggio e del rilascio degli stampi

Gli stampi possono essere fissati o rilasciati tramite un controllo a distanza che usa olio o aria pressurizzata. Questo approccio è estremamente conveniente, ma è efficace dal punto di vista dei costi solo su macchine abbastanza grandi.

Regolazione dell'altezza di serraggio automatizzata

Esistono dei dispositivi elettrici che possono essere utilizzati per regolare le altezze di serraggio automaticamente. Però, bisogna ricordare che la priorità deve essere sempre accordata all'eliminazione di queste regolazioni insieme alla standardizzazione delle altezze.

Utilizzare l'energia delle presse

Sono stati sviluppati molti metodi per la movimentazione degli stampi sulle presse. Shingo trovava strano, però, che l'energia della pressa stessa venisse usata raramente per inserire lo stampo. La potenza di una pressa è più che adeguata, e può essere applicata o con un meccanismo a ruota e perno o con un meccanismo ad ingranaggi o ripetendo semplicemente il movimento su e giù dello stampo tre o quattro volte. Come Shingo ha già fatto notare, la meccanizzazione può essere di grande importanza in se stessa, ma è solo incidentale rispetto allo SMED. Inoltre, sebbene la meccanizzazione possa portare a miglioramenti notevoli, i suoi costi possono essere eccessivi, e devono essere valutati attentamente in confronto ai benefici desiderati.

Sommario

Il capitolo 5 completa la descrizione delle tecniche che possono essere utilizzate per implementare lo SMED focalizzandosi sul miglioramento delle operazioni di setup interno. Le tecniche più potenti implicano l'implementazione di operazioni in parallelo, l'uso di diversi tipi di sistemi di fissaggio funzionali, e l'eliminazione degli aggiustamenti. I capitoli dal 3 al 5 hanno coperto i temi centrali qui affrontati. Se si è solamente intenzionati ad imitare lo SMED, allora è probabilmente sufficiente capire le tecniche concrete presentate finora. Le tecniche da sole sono d'aiuto, però, solo in circostanze molto simili a quelle descritte. Applicazioni più ampie e più varie possono essere trovate per altre industrie ed altre macchine se sono stati capiti i seguenti aspetti dello SMED (Figura 5.23):

- Passi concettuali
- Metodi pratici
- Tecniche concrete

Come apprezzeremo a breve, il successo in una varietà di situazioni produttive ultimamente dipende più dal sapere perché che dal sapere solamente il come.

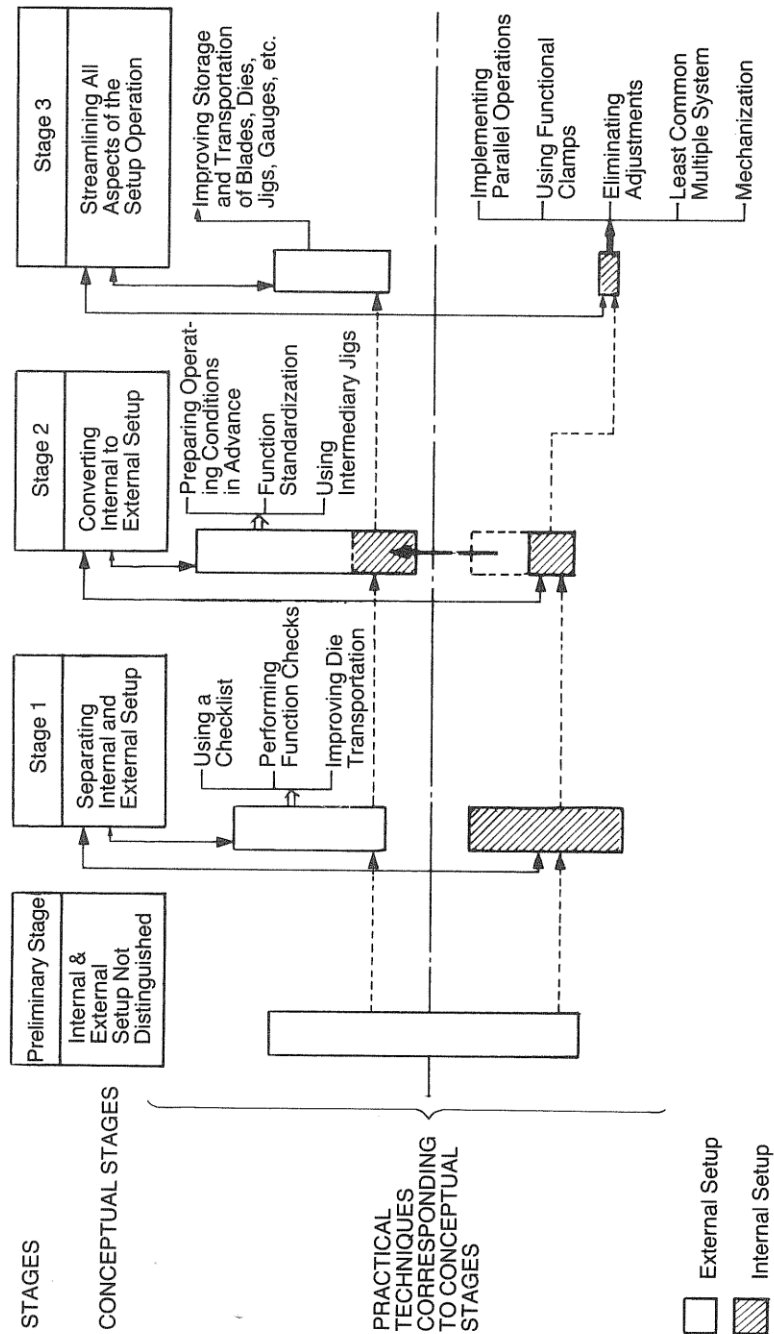


Figura 5.23 – Il setup SMED – Passaggi concettuali e tecniche pratiche

CAPITOLO SESTO

ESEMPI BASE DELLO SMED

Il sistema SMED può essere applicato a molti tipi di macchine. I seguenti esempi coinvolgono presse per metalli e macchine per la formatura delle materie plastiche.

6.1 Presse per metalli

6.1.1 Presse a colpo singolo

Sulle presse a colpo singolo, al fine di diminuire il tempo di setup devono essere migliorate le seguenti operazioni:

- Regolazione dell'altezza di serraggio
- Centraggio degli stampi
- Montaggio degli stampi
- Movimentazione degli stampi tramite macchine
- Trasporto degli stampi dal magazzino alle macchine

Regolazione dell'altezza di serraggio

La regolazione dell'altezza di serraggio è uno degli aspetti più critici e più impegnativi del setup di una pressa. La punzonatura lascia un piccolo margine di errore, ma se la regolazione dell'altezza di serraggio per un'operazione di piegatura o di stampo risulta in una battuta insufficiente, gli stampi corretti

divengo impossibili. Se la battuta risulta troppo grande, d'altra parte, lo stampo verrà distrutto. Per questo motivo, vengono usate delle battute piccole all'inizio. Le misure adeguate vengono poi trovate per mezzo di una serie di piccoli aggiustamenti. Questa è un'operazione tediosa che richiede un'abilità considerevole. La ragione per cui sono necessari gli aggiustamenti dell'altezza di serraggio sono prima di tutto legati al fatto che le altezze degli stampi differiscono. In altre parole, l'intero problema della regolazione dell'altezza di serraggio può essere eliminato standardizzando le altezze degli stampi. Le altezze dovrebbero essere rese uniformi in accordo con la capacità della macchina in questione. In generale, le altezze degli stampi vengono standardizzate attaccando delle zeppe o dei blocchetti dello spessore adatto sugli stampi più piccoli in modo tale da renderli alti uguali a quelli più grandi, o eliminando le sezioni che sono troppo alte dove ciò è necessario. Nella pratica attuale un singolo stampo può essere usato per operazioni su entrambe le presse da 60 e da 100 tonnellate. In situazioni simili, sarebbe desiderabile che le altezze degli stampi siano le stesse sulle due presse, ma ciò non è realmente necessario. E' sufficiente utilizzare distanziatori che vengono attaccati durante il setup esterno. Se le altezze degli stampi sono standardizzate, allora una volta regolata l'altezza di serraggio, non sarà necessaria nessun'altra regolazione successiva. Le operazioni noiose e impegnative verranno così eliminate e il tempo di setup ridotto sensibilmente. Come menzionato prima, però, le altezze di serraggio richiedono un grado elevato di precisione. Di conseguenza, è importante far corrispondere le regolazioni degli stampi accuratamente. Diversamente, gli aggiustamenti dell'altezza di serraggio dello stampo saranno inevitabili nonostante lo sforzo dedicato alla standardizzazione dell'altezza dello stampo. Spesso sorge un ulteriore problema inerente agli stampi che devono essere rettificati. In questo caso i distanziatori devono essere reinseriti e l'altezza degli stampi regolata nuovamente. Un metodo utilizzato in questa situazione è quello di sostituire il blocchetto con uno più spesso di una quantità pari a quella che è stata asportata. I blocchetti usati in queste regolazioni delle altezze vengono di solito attaccati al fondo dello stampo inferiore. In alcune situazioni possono essere

anche attaccati alla parte sopra dello stampo superiore (Figura 6.1). Questo approccio può essere pensato come ad una applicazione del concetto di standardizzazione della funzione esterna descritto nel capitolo 4.

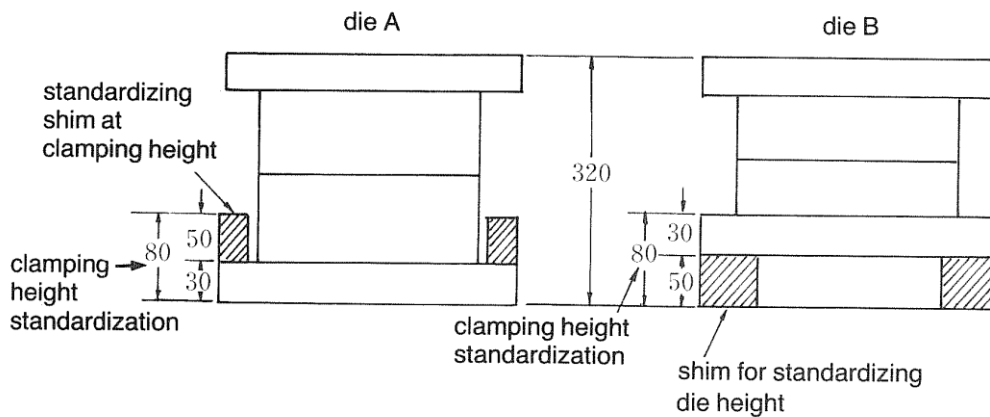


Figura 6.1 – Standardizzazione dell'altezza dello stampo

Centraggio dello stampo.

Quando si regola una pressa, lo stampo deve essere posizionato al centro della mensola. Con le presse di piccole dimensioni in particolare, il foro d'attacco dello stelo al centro del maglio deve adattarsi allo stelo dello stampo e poi essere fissato tramite viti. Questo metodo richiede un centraggio dello stampo preciso. In passato, il maglio sarebbe stato prima abbassato, quindi allineato a vista con lo stelo dello stampo, e poi unito. Dato che lo stampo poteva venire distrutto se il maglio non era stato allineato correttamente, questa procedura di allineamento veniva eseguita con estrema attenzione. L'intera operazione era sia dispendiosa in termini di tempo sia difficoltosa. Questa operazione può essere migliorata nel modo mostrato in Figura 6.2. Una maschera di centraggio viene fissata sulla macchina in un punto a 200 mm dal centro della mensola. Protuberanze a forma di V sono realizzate su entrambi i lati del centro di questa maschera. Se la distanza dal centro dello stelo al bordo più lontano dello

stampo è, per esempio, di 140 mm, una maschera larga 60 mm viene saldata per punti all'altro lato dello stampo. (Se la distanza dal centro fosse di 160 mm, la maschera sarebbe di 40 mm.) Concavità a forma di V vengono poi realizzate ai centri dei bordi destri e sinistri della maschera. Durante il setup, sia l'allineamento fronte-retro sia quello destra-sinistra sono regolati in maniera automatica quando la maschera superiore entra in contatto con la maschera di centraggio. In questo modo, lo stelo ed il foro dello stelo si incastrano facilmente anche quando lo stampo viene abbassato ad una velocità normale. Così, il bisogno di abbassare il maglio e realizzare l'allineamento a mano viene eliminato. Marcare la punta dello stelo è comunque utile in questa situazione.

Usando questa tecnica, sistemare lo stampo in una posizione centrale diviene un'operazione estremamente semplice e il tempo di setup può essere ridotto considerabilmente. Questo è un altro miglioramento basato sulla standardizzazione della funzione esterna come discusso nel capitolo 4.

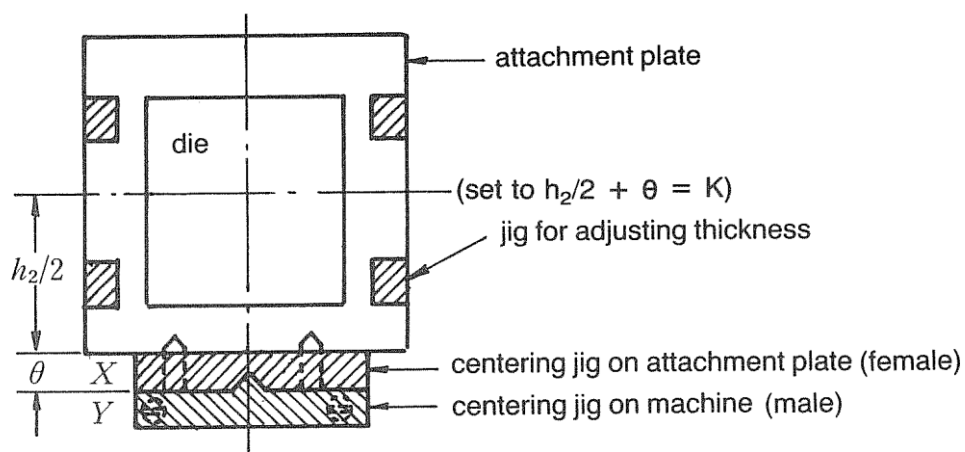


Figura 6.2 – Maschera superiore ed inferiore di centraggio

Montaggio dello stampo

Le dimensioni dei punti di fissaggio sugli stampi superiori ed inferiori devono venire determinate. Poi lo spessore dei punti di fissaggio di tutti gli stampi dovrebbe essere standardizzato alla dimensione di quello più spesso. Facendo così, si deve prendere in considerazione quei casi in cui i blocchetti o gli spessori sono stati attaccati per standardizzare le altezze (Figura 6.1). Così, le altezze devono essere standardizzate prima della standardizzazione dei punti di fissaggio. Se i punti di fissaggio vengono standardizzati per primi, saranno necessari ulteriori aggiustamenti quando vengono standardizzate le altezze degli stampi. Dato che questo lavoro addizionale è completamente inutile, è essenziale osservare la corretta sequenza delle operazioni di standardizzazione. Inoltre, i blocchetti utilizzati per la standardizzazione dei punti di fissaggio devono essere fatti in modo tale da venire montati all'interno della piastra di attacco (Figure 6.1 e 6.2). Quando una superficie di attacco è troppo alta a causa di altezze dello stampo eccessivamente diverse, allora lo spessore di regolazione dell'altezza dello stampo non dovrebbe essere un blocchetto singolo. Piuttosto, bisognerebbe montare sulla piastra d'attacco più blocchetti. Uno stampo viene quindi montato utilizzando la piastra su cui i blocchetti sono montati. Seguendo questo metodo, il punto di fissaggio non deve essere sollevato di molto, e i bulloni di montaggio non devono essere particolarmente lunghi (Figura 6.3). In ogni caso, quando lo spessore dei punti di fissaggio è standardizzato, si possono usare bulloni di fissaggio di lunghezza uniforme, sistemi di fissaggio uniformi, e blocchetti di equalizzazione della stessa misura. Questo rende l'intera operazione di collegamento estremamente semplice. In aggiunta, la standardizzazione:

- Riduce sostanzialmente i tempi di setup
- Semplifica l'organizzazione
- Elimina il bisogno di cercare bulloni e blocchetti appropriati
- Elimina il bisogno di regolare i blocchetti ad altezze adatte
- Elimina il bisogno di regolare le altezze dei bulloni di fissaggio.

Questa tecnica può essere considerata un'applicazione della standardizzazione della funzione, discussa prima nel capitolo 4.

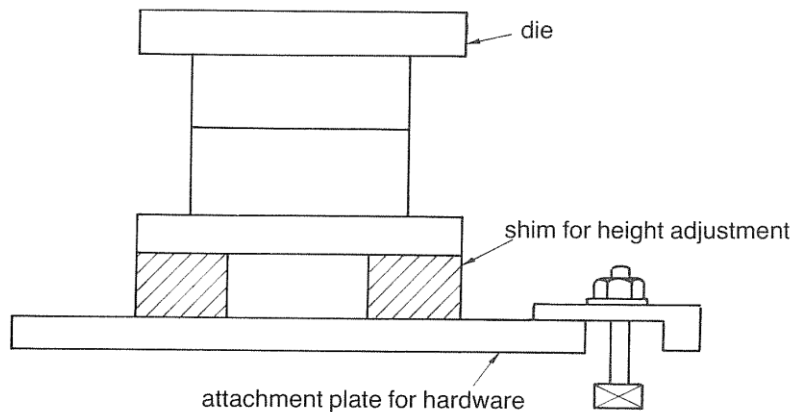


Figura 6.3 – Blocchetti e piastra d'attacco per la regolazione dell'altezza degli stampi

Movimentazione degli stampi all'interno delle macchine.

Gli stampi di piccole dimensioni possono essere inseriti e rimossi a mano, ma i cuscini ad aria o i nastri trasportatori dovrebbe venire usati per gli stampi più pesanti. L'uso di mensole mobili dovrebbe, invece, essere preso in considerazione per gli stampi di dimensioni ancora più grandi. Per maggiori informazioni, vedere la sezione nel Capitolo 5 sulla meccanizzazione. Quando vengono coinvolti stampi di grandi dimensioni, una possibilità è quella di preparare 2 carrelli a forche. Uno dei carrelli rimuove lo stampo quando l'operazione è finita. L'altro, che sta aspettando con lo stampo successivo, sistema immediatamente il nuovo stampo sulla macchina. Questo metodo estremamente efficiente elimina il tempo di setup sprecato utilizzando un solo carrello per riporre nel magazzino lo stampo vecchio e prelevare quello nuovo.

Trasportare gli stampi dal magazzino alla macchina

Operazioni in cui i vecchi stampi sono trasportati al magazzino e nuovi stampi vengono trasportati alle macchine dovrebbero essere eseguite come parti del setup esterno. Come già spiegato, includere il trasporto nel setup interno aumenta invariabilmente il numero di volte che i cavi dell'argano devono essere attaccati o rimossi.

6.1.2 Presse a stampo progressivo

Esploreremo ora diversi esempi di presse a stampo progressivo. Questi miglioramenti dei setup sono fondamentalmente gli stessi di quelli delle presse a colpo singolo. Alcuni aspetti, però hanno bisogno di speciale attenzione.

Regolazione delle altezze di serraggio

Come per le presse a colpo singolo, l'attenzione deve essere qui rivolta alla standardizzazione delle altezze degli stampi ed all'eliminazione degli aggiustamenti delle altezze di serraggio. Nel caso delle presse a stampo progressivo, però, la linea lungo cui passa la base deve sempre essere costante. Quindi, le piastre utilizzate per standardizzare le altezze degli stampi dovrebbero essere attaccate solo allo stampo superiore così che questa linea di passaggio non vari.

Regolare l'allineamento degli stampi

L'allineamento degli stampi dovrebbe essere affrontato nello stesso modo delle presse a colpo singolo.

Collegamento dello stampo

Anche questo, è lo stesso delle presse a colpo singolo.

Regolazione dei volumi di alimentazione per le operazioni di stampaggio progressivo.

Con gli stampi progressivi, è necessario organizzare dei volumi d'alimentazione per corrispondere ai picchi degli stampi individuali. Discuteremo due metodi, il metodo della manovella e il metodo dell'alimentazione per via aerea.

Il metodo della manovella

In generale, il volume d'alimentazione dovrebbe essere uguale alla quantità di cui la manovella direttamente connessa all'albero della pressa è inclinata. A questo scopo, un operaio si arrampica e realizza la regolazione girando una manopola che determina la compensazione della piastra della manovella. Una volta che la manopola è regolata in modo appropriato, la quantità di materiale predefinita viene fatta passare attraverso e misurata. A seconda del risultato, può essere necessario arrampicarsi e regolare nuovamente la manopola. Le misurazioni e i riaggiustamenti vengono frequentemente eseguiti 3 o 4 volte di

seguito. Nonostante ciò sia tollerabile se l'operazione viene svolta da due persone insieme, essa è alquanto problematica quando un unico operaio deve costantemente salire e scendere. Come mostrato in Figura 6.4, però, la compensazione può essere regolata ad un valore fisso per ogni prodotto. In questo caso si può costruire un piano di riferimento sul bordo della struttura a vite che fa muovere la manopola. Un calibro a cavaliere viene fissato su questo piano. Quando la manopola è collegata ad esso, la regolazione avviene con un'unica mossa. (Questo approccio applica alcune delle tecniche per eliminare le regolazioni che erano state presentate nel capitolo 5.)

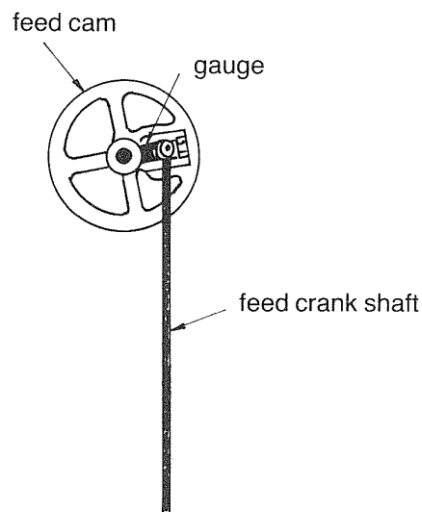


Figura 5.4 – Regolazione dei volumi di alimentazione – Metodo della manovella

Il metodo di alimentazione aerea

Il metodo di alimentazione aerea mostrato in figura è un'altra tecnica di alimentazione. In questo metodo, il fermo posteriore, B, viene fatto avanzare e poi ritrarre. Il morsetto, C, afferra il materiale di alimentazione e viaggia avanti e indietro tra il fermo anteriore, F, e il fermo posteriore, B. Il volume di materiale fornito è determinato dalla distanza percorsa dal morsetto. Di conseguenza, la quantità di materiale fornito all'alimentazione viene determinato facendo avanzare il fermo posteriore. Come risultato, la posizione del fermo posteriore deve essere regolata più volte.

Il dipartimento delle operazioni presso la M Electric ha migliorato questa operazione nel modo seguente:

- Il fermo posteriore è stato completamente aperto e fissato nella posizione più estrema.
- E' stata costruita una piastra di calibratura larga abbastanza da compensare il volume di alimentazione. Quando questa piastra è stata messa tra il fermo anteriore, F, e quello posteriore, B, il movimento del morsetto è stato ristretto e di conseguenza è stata ottenuta la corsa richiesta. Questo ha reso possibile regolare il volume di alimentazione per mezzo di una singola operazione.

Sono state realizzate 14 piastre di calibrazione di questo tipo. Regolare la quantità di materiale di alimentazione è diventato così una semplice operazione di cambio piastra di calibrazione. Un'operazione molto semplice che chiunque può svolgere velocemente.

Eseguire un setup preliminare per il materiale di alimentazione

La fase del setup preliminare per gli stampi progressivi coinvolge la regolazione a mano del bordo di guida del materiale di alimentazione di ciascuno stampo. Dopo la fine della lavorazione, il materiale viene inviato a mano verso lo stampo successivo. Questa movimentazione è problematica e pericolosa dato che le mani dell'operatore devono entrare nell'area di lavoro della macchina. Inoltre è anche dispendiosa in termini di tempo. Le seguenti precauzioni sono efficaci nel trattare questa situazione:

- Alla fine di una operazione, i prodotti realizzati parzialmente vengono tranciati via e messi da parte.
- Quando ci si sta preparando per un'operazione successiva che coinvolge gli stessi prodotti, la parte finale di un prodotto parzialmente realizzato viene unito al bordo di guida del nuovo stock di materiale. Questo elimina il bisogno di regolazioni manuali successive ad ogni setup.

Questo approccio rappresenta un gran miglioramento sia in tempo che in sicurezza.

Movimentazione e trasporto degli stampi

Questa situazione dovrebbe venire affrontata esattamente come nel caso di stampi per presse a colpo singolo

6.1.3 Presse a trasferimento di stampo

I setup sulle presse a trasferimento di stampo dovrebbero venire affrontate esattamente nello stesso modo delle presse a colpo singolo in termini di:

- Regolazione delle altezze di chiusura
- Allineamento degli stampi
- Montaggio degli stampi
- Movimentazione degli stampi nei macchinari
- Trasporto degli stampi tra l'area di immagazzinamento e le macchine

Il problema qui è come trattare il setup per il braccio di alimentazione che trasporta i prodotti. Le funzioni del braccio di alimentazione possono essere divise in due categorie:

- Le funzioni del corpo principale del braccio di alimentazione (per esempio: trasportare i beni e riportarli alla posizione originale)
- Le funzioni delle “dita” (funzioni analoghe a quelle delle dita umane: afferrare, tenere e rilasciare gli elementi)

Con il cambio dei tipi di prodotto, sorgeranno problemi concernenti il modo di afferrare le diverse forme, e su come cambiare la lunghezza del braccio di alimentazione per rispondere a oggetti di differenti dimensioni. Entrambi questi aspetti sono correlati alla funzione “dita”. Così, sebbene i bracci di alimentazione e le dita siano generalmente specializzati e vengano cambiati come una unità, perché non cambiare semplicemente le dita? Presso le O Industries, le basi delle dita sono fisse, e il cambiamento tra due prodotti viene eseguito attaccando e rimuovendo solo la “punta” delle dita. I cambiamenti per afferrare due ulteriori tipi di beni vengono fatti utilizzando delle dita a forma di L. Dato che il corpo principale del braccio di alimentazione è molto grande, e di conseguenza il suo cambiamento risulta costoso e richiede molta accuratezza, è sembrato più saggio come approccio cambiare solo le dita.

Un'altra difficoltà è data dal fatto che gli stampi generalmente devono essere tirati fuori di lato durante le operazioni di cambio stampi, dato che il braccio di alimentazione altrimenti si trova in mezzo. Un esempio di una soluzione molto

semplice a questo problema può essere dividere lo stampo in 3 sezioni, destra, sinistra e centro, sollevando solo le parti centrali tramite dei cavi.

6.2 Macchine per la formatura delle materie plastiche

Le macchine per la formatura delle materie plastiche differiscono dalle presse per metalli solo nel modo in cui gli stampi vengono montati. Nella macchina per la formatura, gli stampi sono montati lateralmente, mentre gli stampi per metalli sono montati verticalmente. Di conseguenza, le strategie nell'utilizzare gli stampi per la formatura sono praticamente le stesse di quelle per le presse per i metalli.

6.2.1 Effettuare il setup degli stampi

In questa sezione discuteremo della standardizzazione delle altezze degli stampi, regolando l'allineamento degli stampi, e standardizzando lo spessore dei punti di fissaggio.

Standardizzazione delle altezze degli stampi

Il metodo della leva di cambio viene utilizzato nelle macchine per la formatura delle materie plastiche su molti dispositivi di adesione pressurizzati. Quando l'altezza degli stampi varia, cambiare le regolazioni con questo metodo è una seccatura notevole che richiede tempo e fatica considerevoli. Standardizzare le altezze degli stampi è un modo efficace di eliminare il bisogno di utilizzare il meccanismo della leva di cambio (Figura 6.5). A questo scopo, i blocchetti vengono attaccati alla superficie posteriore dello stampo. Dato che ciò richiede

un cambio delle dimensioni dei perni di espulsione, devono essere escogitati dei meccanismi di accoppiamento per allungarli.

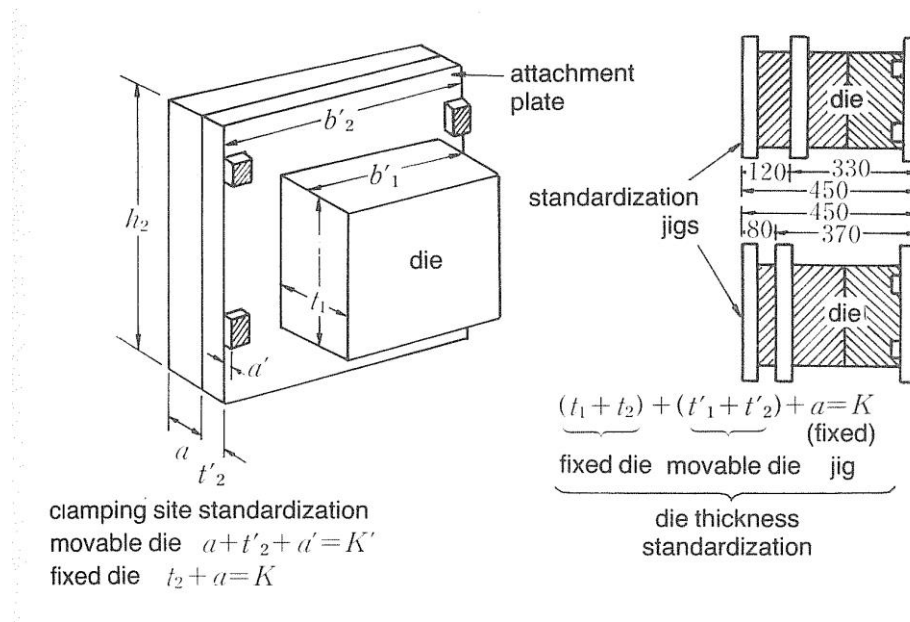


Figura 6.5 – Standardizzazione dell'altezza degli stampi

Regolare l'allineamento degli stampi

Per regolare l'allineamento degli stampi, una maschera di allineamento del tipo maschio viene montata in un posto appropriato sotto un foro utilizzato come anello di collocazione sulla macchina (Figura 6.6). Una maschera di centraggio di tipo femmina di dimensioni corrispondenti viene fissata al fondo dello stampo. Facendo coincidere la protuberanza della maschera di centraggio di tipo maschio sulla maschera di centraggio di tipo femmina, l'anello di collocazione sullo stampo può essere fatto combaciare perfettamente con l'anello di collocazione della macchina. La maschera di centraggio è spesso fornita di una sezione inclinata per questo scopo.

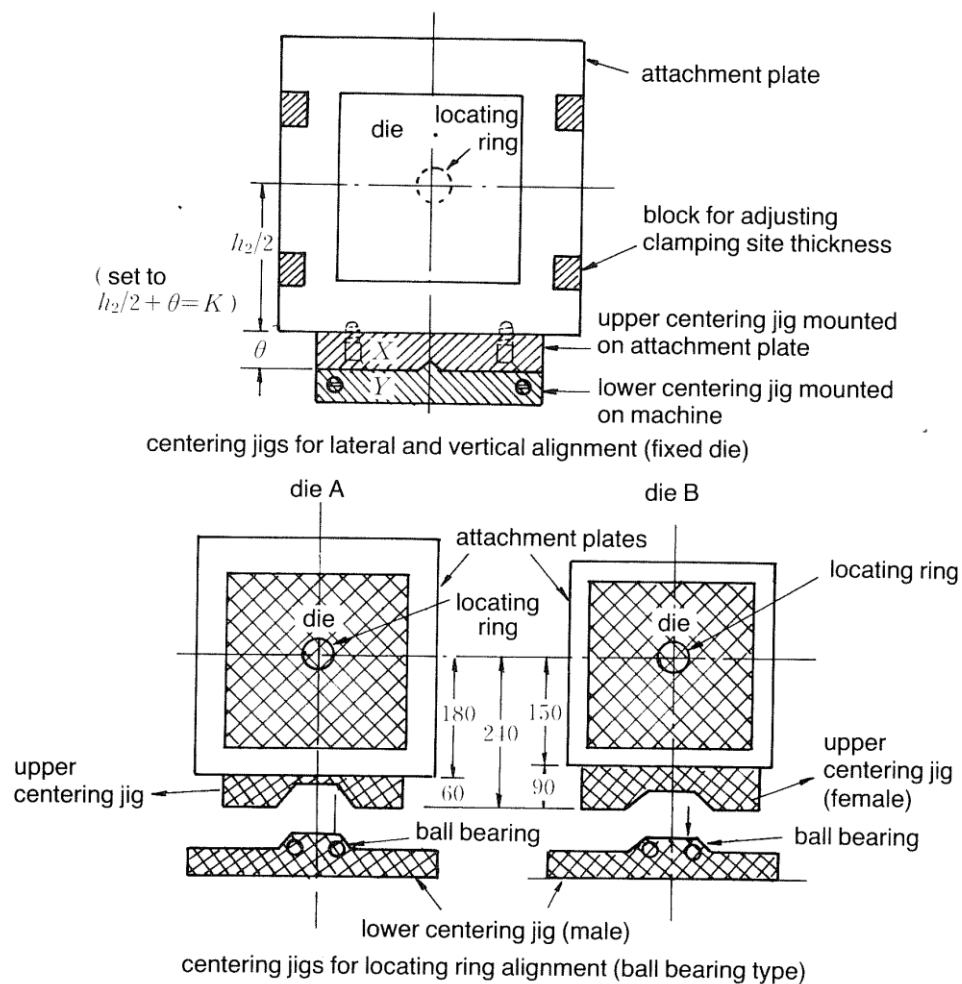


Figura 6.6 – Maschera di centraggio

Dato che simili anelli di collocazione sono spesso convessi, la maschera di centraggio di tipo maschio deve essere abbastanza grande da sopportare il carico dello stampo discendente. Presso le D Industries, le maschere di centraggio erano utilizzate per allineare la punta dell'ugello di iniezione con i fori di iniezione, eliminando così completamente gli anelli di collocazione. Ciò era perfettamente giustificabile. Sebbene le maschere di centraggio erano di solito montate solo su stampi fissi, divenne più efficace montarle anche sugli

stampi mobili. In questo modo potevano sopportare la maggior parte del carico degli stampi.

Standardizzazione degli spessori dei punti di fissaggio

Le superfici di fissaggio dovrebbero essere standardizzate come lo sono quelle per gli stampi metallici. Con gli stampi plastici, però, il metodo di attacco diretto, in cui dei fissatori sono passati attraverso dei fori, è utilizzato con frequenza stupefacente. Dato che questo metodo richiede molto tempo, dovrebbero essere presi in considerazione dei metodi di fissaggio differenti (Figura 6.7).

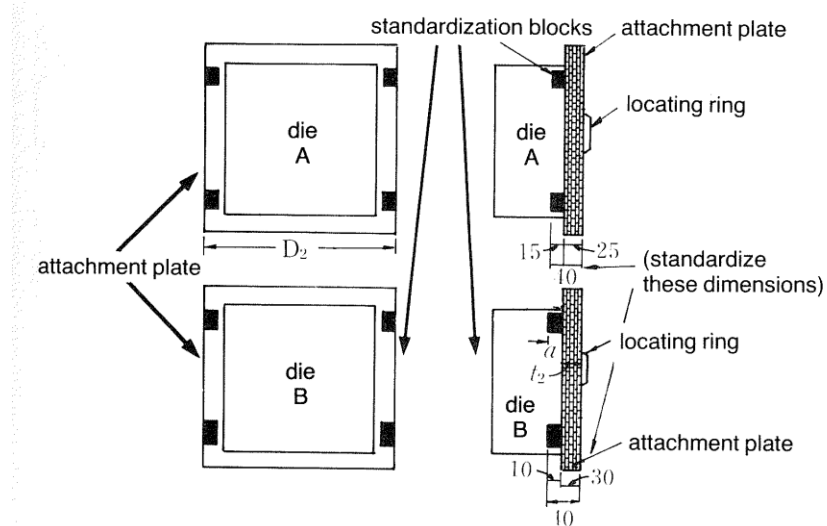


Figura 6.7 - Standardizzazione degli spessori dei punti di fissaggio

Nelle procedure di fissaggio, l'intero peso dello stampo viene tipicamente supportato dall'attrito derivante dalla pressione di fissaggio. Quando si utilizza

una maschera, tuttavia, la maschera sostiene la maggior parte del carico e tutto quello che deve fare il morsetto è mantenere lo stampo dal cadere di lato. Utilizzata in questo modo una maschera di centraggio può facilitare grandemente le procedure di fissaggio (Figura 6.8). Ciascuno dei tre esempi descritti più avanti esemplifica la funzione di standardizzazione discussa nel capitolo 4.

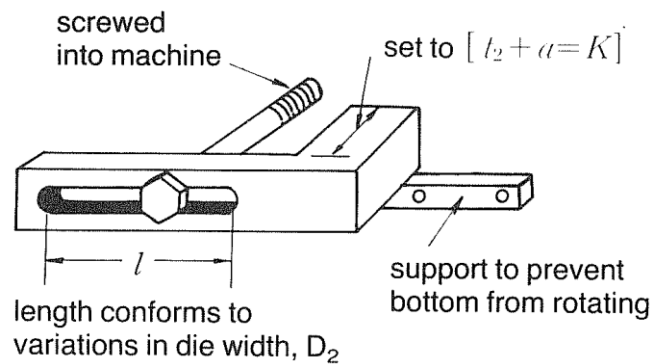


Figura 6.8 – Un metodo di fissaggio per l'attacco degli stampi

6.2.2 Cambio delle resine

In questa sezione, considereremo le attività correlate al cambio resine, al cambio tramogge, e alla pulitura degli ugelli.

Cambiando le resine dalla A alla B, il volume della resina A nella tramoggia appena prima di completare la prima operazione è proporzionale al numero di getti rimanenti. Ogni eccesso viene quindi rimosso. La resina B viene poi introdotta. Ciò assicura che quando viene effettuato il cambio, la maggior parte

della resina nell'ugello è del tipo B. Il cambio è così reso snello e solo un po' della resina di tipo A viene sprecata (Figura 6.9).

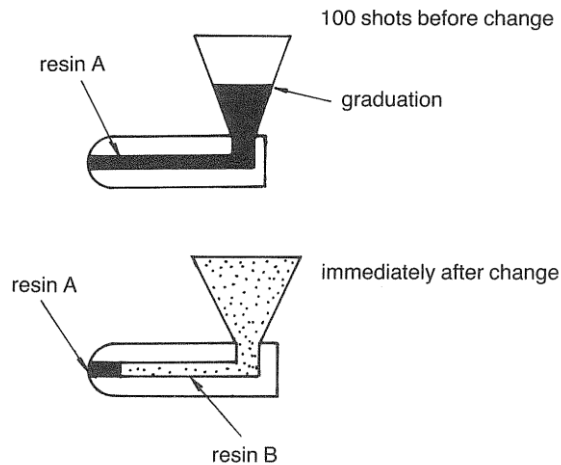


Figura 6.9 – Cambio delle resine

Viene inoltre steso un piano di produzione giornaliero così che il lavoro proceda da resine di colorazione chiara a resine più scure. Quando si cambiano le resine è necessario seguire questo ordine, per esempio:

- Trasparente
- Bianco
- Giallo
- Rosso
- Nero

Questo semplice approccio minimizza gli effetti della contaminazione delle tinte.

Cambio delle tramogge

Pulire l'interno delle tramogge ad ogni cambio della resina o delle tinte è abbastanza un lavoraccio. Questo è specialmente vero sulle tramogge di grandi dimensioni che hanno montati degli essiccatori. Una tecnica efficace in questo caso è quella di escogitare degli allineatori per la tramoggia. In questo modo, invece di pulire le tramogge, si cambia semplicemente allineatore. Preferibile a questo, tuttavia, è “l'essiccatore fluttuante” che Shingo ha realizzato per un'azienda. Sospendendo ed asciugando la resina in un flusso di aria calda, è possibile asciugare in 5 minuti elementi che erano soliti impiegare un'ora per scaldarsi ed asciugarsi. Dato che solo la quantità di un getto di resina deve essere asciugato per ciclo, solo un numero tra 5 e 10 getti deve essere tenuto nella tramoggia. Fin tanto che viene fatto un rifornimento regolare dalla vasca del materiale grezzo, una tramoggia molto piccola sarà sufficiente e la pulitura è così semplificata. L'operazione diviene ancora più semplice quando la tramoggia viene scambiata con una nuova di riserva. Presso la S Pen Company, la pulitura della tramoggia e le operazioni di cambio sono eseguite in modo molto semplice. Una piccola tramoggia duplice viene fatta ruotare e viene usata la nuova tramoggia. In questo modo le tramogge possono essere specializzate per essere usate con resine e tinte individuali. Le operazioni di movimentazione sono semplici perché le piccole tramogge hanno capacità di solo circa 100 mm x 200 mm.

Pulitura degli ugelli

La pulitura degli ugelli è il problema più seccante nel cambio delle resine. Le resine aderiscono alle pareti interne degli ugelli e alle superfici scabre e quindi si mescolano con il lotto successivo di resina, contaminando così i colori. Alla fine, la vecchia resina viene espulsa, ma quando questo ci impiega troppo, deve

essere usato un apposito agente purgante. Come velocizzare questa operazione è un problema che richiede uno studio ulteriore.

6.2.3 Cambio della linea di raffreddamento

Le linee di raffreddamento dovrebbero essere connesse tramite morsetti che si aprono e si chiudono con un singolo movimento. In aggiunta, un collettore fornito di canali multipli dovrebbe essere collegato dalla macchina alla linea di raffreddamento. Un altro dovrebbe essere collegato dallo stampo alla linea di raffreddamento. Quando questi due collettori sono collegati uno all'altro, tutta la linea di raffreddamento diviene collegata, e ciò porta ad un considerevole miglioramento. Questo è un altro esempio di maschera intermedia, del tipo discusso nel capitolo 4.

6.2.4 Preriscaldamento degli stampi

Quando uno stampo deve essere preriscaldato, un metodo estremamente efficace è quello di utilizzare un generatore di vapore e di far circolare acqua calda attraverso i canali di raffreddamento per riscaldare lo stampo. Un altro metodo comune è quello di utilizzare riscaldatori elettrici. In un caso simile a quello del preriscaldamento degli stampi, un ammontare considerevole di tempo di setup interno era solito essere speso per realizzare 40 connessioni elettriche su una impalcatura per stampi calda dopo che lo stampo era stato montato sulla macchina. Preparando un'altra maschera di collegamento, e collegandola in anticipo allo stampo successivo, vennero assicurate delle riduzioni dei tempi di setup sostanziali. Anche in questo caso siamo in presenza di un uso di maschera intermedia. Estendendolo di molto, il setup delle macchine per la formatura delle materie plastiche può essere affrontato esattamente nella stessa maniera del setup delle macchine per la forgiatura.

Gli esempi presentati finora possono essere applicati ad altre macchine utensili, macchine di forgiatura, macchine per fusioni, macchine per verniciare e macchine per la lavorazione del legno, etc. L'esperienza maturata da Shingo lo ha condotto alla ferma convinzione che lo SMED possa essere raggiunto in tutti i casi applicando la rete concettuale e le corrispondenti tecniche pratiche.

Sommario

Attraverso lo studio di esempi attuali del sistema SMED in opera, è possibile ottenere un'ulteriore visione interna dei concetti e dei principi che si trovano dietro di esso. Tale visione, in cambio, sarà utile nell'applicazione dei concetti e delle tecniche associate alle diverse operazioni della produzione.

CAPITOLO SETTIMO

EFFETTI DELLO SMED

In questo capitolo discuteremo i risparmi di tempo ottenuti ed altri effetti tipici del sistema SMED.

7.1 Tempo risparmiato utilizzando le tecniche SMED

La tabella 7.1 mostra le riduzioni di tempo ottenute attorno al 1975, quando il sistema SMED stava incominciando a diffondersi. Negli anni successivi le riduzioni sono state ancora maggiori; ora il tempo medio di setup richiede un quarantesimo del tempo richiesto originalmente.

7.2 Altri effetti dello SMED

Produzione senza magazzino

E' sicuramente vero, che i magazzini tendono a scomparire quando gli ordini sono ad elevata diversità e di bassi volumi e vengono affrontati per mezzo di una produzione diversificata a piccoli lotti. Nonostante ciò gli effetti moltiplicativi della componente dell'alta diversità da un lato e della componente della dimensione dei piccoli lotti dall'altro, portano inevitabilmente ad un sostanziale aumento del numero delle operazioni di setup che devono essere eseguite. Ridurre i tempi di setup da 2 ore a 3 minuti tramite lo SMED, nonostante ciò, cambia la situazione notevolmente. Il sistema SMED

offre l'unica via per una produzione sia altamente diversificata che di piccoli lotti ed a livelli minimi di magazzino.

No.	Company	Capacity (in tons)	Before Improvement	After Improvement	1/n
Presses (single-shot dies)					
1	K Auto	500 t-3 machines	1 hr 30 min	4 min 51 sec	1/19
2	S Auto	300 t-3 machines	1 hr 40 min	7 min 36 sec	1/13
3	D Auto	150 t	1 hr 30 min	8 min 24 sec	1/11
4	M Electric	"	2 hr 10 min	7 min 25 sec	1/18
5	S Electric	"	1 hr 20 min	5 min 45 sec	1/14
6	M Industries	"	1 hr 30 min	6 min 36 sec	1/14
7	A Auto Body	"	1 hr 40 min	7 min 46 sec	1/13
8	K Industries	100 t	1 hr 30 min	3 min 20 sec	1/27
9	S Metals	"	40 min	2 min 26 sec	1/16
10	A Steel	"	30 min	2 min 41 sec	1/11
11	K Press	"	40 min	2 min 48 sec	1/14
12	M Metals	"	1 hr 30 min	5 min 30 sec	1/16
13	K Metals	"	1 hr 10 min	4 min 33 sec	1/15
14	T Manufacturing (dies for springs)	80 t	4 hr 0 min	4 min 18 sec	1/56
15	M Ironworks	"	50 min	3 min 16 sec	1/15
16	H Engineering	50 t	40 min	2 min 40 sec	1/15
17	M Electric	"	40 min	1 min 30 sec	1/27
18	M Electric	"	50 min	2 min 45 sec	1/18
19	H Press	30 t	50 min	48 sec	1/63
20	K Metals	"	40 min	2 min 40 sec	1/15
21	Y Industries	"	30 min	2 min 27 sec	1/12
22	I Metals (multiple dies)	"	50 min	2 min 48 sec	1/18
23	S Industries (progressive dies)	150 t	1 hr 40 min	4 min 36 sec	1/22
24	K Metals	100 t	1 hr 50 min	6 min 36 sec	1/17
25	M Electric	100 t	1 hr 30 min	6 min 28 sec	1/14
				Average	1/18

Tabella 7.1 – Riduzioni di tempo ottenute tramite l'utilizzo dello SMED

Plastic Forming Machines					
26	M Manufacturing	140 ounces	6 hr 40 min	7 min 36 sec	1/53
27	TM Manufacturing	100 ounces	2 hr 30 min	8 min 14 sec	1/18
28	Y Manufacturing	"	1 hr 50 min	4 min 36 sec	1/24
29	N Rubber	"	2 hr 30 min	6 min 28 sec	1/23
30	N Rubber	50 ounces	2 hr 0 min	4 min 18 sec	1/28
31	T Industries	"	1 hr 20 min	6 min 46 sec	1/12
32	TT Industries	"	1 hr 10 min	7 min 36 sec	1/9
33	N Chemicals	20 ounces	40 min	3 min 45 sec	1/11
34	D Plastics	10 ounces	50 min	2 min 26 sec	1/19
35	GA Electric	"	50 min	6 min 45 sec	1/7
36	S Lighting	"	40 min	3 min 38 sec	1/11
37	Y Synthetics	"	40 min	2 min 48 sec	1/14
38	W Company (Switzerland)	50 ounces	2 hr 30 min	6 min 0 sec	1/25
				Average	1/20
Die-cast Molding Machines					
39	M Metals	250 t	50 min	6 min 24 sec	1/8
40	T Die Casting	"	1 hr 20 min	7 min 46 sec	1/10
41	S Manufacturing	"	1 hr 10 min	5 min 36 sec	1/13
				Average	1/10
				Overall Average	1/18

Tabella 7.1 – Riduzioni di tempo ottenute tramite l'utilizzo dello SMED

Inoltre, quando viene adottato un sistema di produzione che minimizza il magazzino, ci si possono aspettare i seguenti effetti collaterali:

- Aumento delle percentuali di turnover del capitale.
- Riduzioni del magazzino che portano ad un uso più efficiente dello spazio dell'impianto. (Per esempio, il manager della fabbrica della Citroen disse a Shingo che un magazzino del valore di 22 giorni era stato ridotto ad un valore di 8 giorni dopo l'adozione dello SMED.

Disse inoltre che ciò aveva reso non necessaria la costruzione già pianificata di un nuovo edificio.)

- La produttività sale mentre le operazioni di movimentazione del magazzino vengono eliminate. (La produzione nell'impianto Citroen citato prima aumentò del 20%)
- Le rimanenze inutilizzabili derivanti dai cambi di modello o da stime errate della domanda vengono eliminate.
- I beni non vengono più persi per colpa del deterioramento.
- L'abilità di mescolare la produzione di vari tipi di beni porta ad ulteriori riduzioni del magazzino.

Aumento della percentuale lavorativa della macchina e della capacità produttiva

Se i tempi di setup vengono ridotti drasticamente, allora le percentuali lavorative delle macchine e la produttività aumenteranno nonostante un aumento delle operazioni di setup.

Eliminazione degli errori di setup

Gli errori di setup vengono ridotti, e l'eliminazione dei test di prova abbassa l'incidenza dei difetti.

Qualità migliorata

Inoltre migliora la qualità, dato che le condizioni operative vengono ampiamente regolate in anticipo.

Sicurezza aumentata

Setup più semplici risultano in operazioni più sicure.

Mantenimento semplificato

La standardizzazione riduce il numero di attrezzi richiesti, e quelli di cui c'è ancora bisogno sono organizzati in maniera più funzionale.

Diminuzione del tempo di setup

L'ammontare totale del tempo di setup, includendo sia il setup interno che quello esterno, viene ridotto, con una conseguente diminuzione delle ore di manodopera.

Spese minori

Implementare lo SMED aumenta l'efficienza degli investimenti rendendo possibile notevoli aumenti della produttività ad un costo relativamente basso. Il costo dei setup per presse di piccole dimensioni a colpo singolo è di circa 30,000-50,000 yen (124\$-206\$) in Giappone ed è circa lo stesso per le macchine per la formatura di materie plastiche.

Preferenza dell'operatore

Dato che l'adozione dello SMED significa che i cambi attrezzatura sono semplici e veloci, non c'è più bisogno di evitarli

Richieste di un livello più basso di abilità

La facilità del cambio attrezzatura elimina il bisogno di operai esperti.

Shingo ha osservato una volta una operazione di setup per delle ruote elicoidali su una macchina per il taglio di ruote elicoidali presso l'impianto Citroen in Francia. Utilizzando lo SMED, un lavoratore senza esperienza responsabile della macchina era in grado di completare in 7 minuti e 38 secondi un'operazione che in precedenza aveva tenuto occupato uno specialista per circa un'ora e mezza. Quando il manager dell'impianto e Shingo ritornarono in ufficio dopo aver osservato questa operazione, il manager disse, “ Sa, ho visto qualcosa di strano recentemente. Un operaio stava oliando la sua macchina. Questo setup veniva eseguito da uno specialista in precedenza, così mentre aveva luogo l'operazione di setup l'operatore abituale della macchina andava ad occuparsi di un'altra macchina e faceva qualcos'altro. Dato che gli operai facevano a turno nell'utilizzo di varie macchine, nessuno sentiva come propria una macchina in particolare. Questo è il motivo per cui fino ad ora non avrebbe mai visto un operaio che si prendeva cura della macchina che stava utilizzando. Ultimamente, però, gli operatori delle macchine sono stati in grado di eseguire loro stessi i setup delle macchine e trascorrono un mese alla volta concentrandosi sull'operazione di una singola macchina. Questo da loro un senso di responsabilità per la loro macchina. Sono sicuro che questo è il motivo per cui ora oliano la macchina e si prendono cura di essa.”

Quando senti ciò, Shingo realizzò che la considerazione per gli operai era tanto importante in Francia, come in ogni altro posto, quanto lo era in Giappone.

Presso la Y Metals a Kyushu, un caporeparto era solito eseguire ciascun cambio di setup su una pressa da 30 tonnellate. Solo dopo che aveva completato il setup le operaie part time avevano il permesso di occuparsi delle operazioni. Lo SMED, però, ha reso possibile alle operaie di eseguire in 3 minuti quanto richiedeva circa un'ora al caporeparto.

Tempo di produzione ridotto

I periodi di produzione possono essere diminuiti drasticamente. Generalmente parlando, le seguenti tre strategie si sono dimostrate efficaci.

Eliminare l'attesa dei processi

I ritardi maggiori nella produzione sono causati non dalle ispezioni o dai trasporti, ma dal tempo speso attendendo che la lavorazione di un lotto venga completata prima che un altro lotto possa venire lavorato. La percentuale di tempo dedicato alla lavorazione ed all'attesa della lavorazione è frequentemente del seguente ordine:

	Attesa della lavorazione	Lavorazione
% di tempo	60	40
% di tempo	80	20

Se i periodi di attesa potessero essere eliminati, il tempo di produzione potrebbe essere ridotto almeno di due quinti. Questo può essere ottenuto

standardizzando sia le quantità di lavorazioni sia i tempi di lavorazione, il che significa, equalizzare il numero di unità lavorate in ciascuna operazione e rendere il tempo di lavorazione di ciascun processo lo stesso.

La standardizzazione delle quantità di lavorazione può essere ottenuta facilmente; il vero problema sta nello standardizzare i tempi di lavorazione. Ciò perché le macchine utilizzate per le operazioni individuali non sono necessariamente di capacità uguali. La standardizzazione dei tempi di lavorazione sembra impossibile, ad esempio, quando la capacità di produzione giornaliera della macchina A, usata nel processo 1, è di 3,000 pezzi, mentre quella della macchina B usata nel processo 2 è di soli 2,500 pezzi. In una situazione come questa, c'è una tendenza a bilanciare le cose installando un'altra macchina B. In questo caso è però applicabile un altro concetto: le quantità prodotte dovrebbero essere quantità necessarie. Se la richiesta giornaliera è di 2,000 pezzi, non c'è bisogno di allineare la capacità della macchina B con quella della macchina A, dato che una macchina B ha la sufficiente capacità per produrre il fabbisogno giornaliero. Di conseguenza, la capacità della macchina A e della macchina B dovrebbero essere allineate con il fabbisogno giornaliero. Ciò lascia ancora una disparità tra le capacità della macchina A e della macchina B, una disparità che può però essere affrontata utilizzando un sistema di controllo full work.

Un sistema di controllo full work adempie alle seguenti funzioni nell'esempio dato:

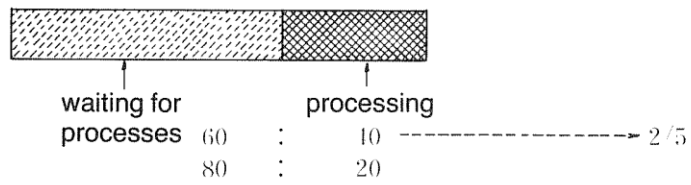
- Appronta un buffer prima della macchina B.
- Ferma l'operazione della macchina A (il processo precedente) quando 20 pezzi sono accumulati nel buffer.
- Fa ripartire l'operazione della macchina A quando ci sono 5 pezzi nel buffer.

In questo modo, i flussi del processo possono venire standardizzati utilizzando quantità minime di ammortizzazione. E' importante tenere a mente, però, che mentre la macchina è inattiva gli operai devono essere attivi, perché il costo della manodopera è generalmente molto più elevato del costo dell'ammortizzamento dei macchinari. Quindi, può essere estremamente efficace avere parecchie macchine in attesa di lavorazioni così gli operai hanno sempre macchine di cui occuparsi.

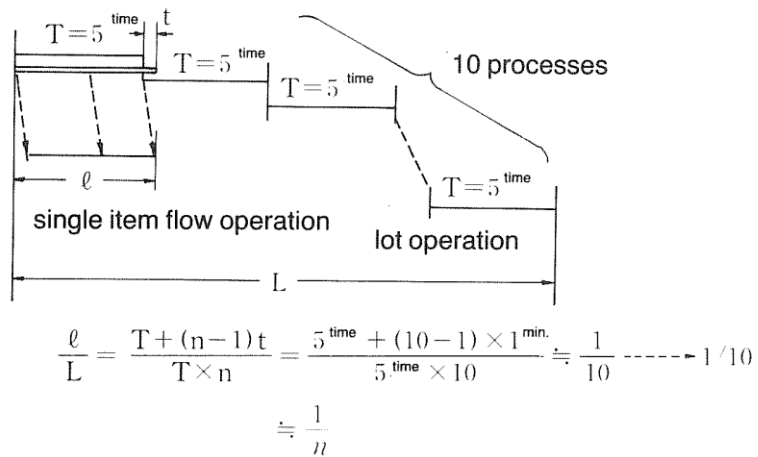
Eliminare le attese per i lotti.

Molto tempo viene sprecato quando i materiali grezzi ed intermedi devono aspettare affinché la lavorazione di un intero lotto sia completata. Questi ritardi possono essere eliminati solo stabilendo "lotti di trasporto" di un elemento ciascuno, in modo tale che ciascun pezzo passi al processo successivo non appena ha finito la lavorazione. E' necessario, in altre parole, adottare quello che potrebbe essere chiamato un'operazione di "flusso di singoli elementi." Come mostrato in figura 7.1 , tutti gli intervalli tra i processi occupano ora il tempo necessario alla lavorazione di un pezzo unico. Se vengono stabilite delle operazioni a flusso di singoli elementi per, ad esempio, dieci processi, il tempo di lavorazione dell'intero lotto può essere ridotto del 90%. D'altra parte, la lavorazione di un lotto di 1,000 elementi richiederà 1,000 operazioni di trasporto. Varie strategie devono essere escogitate per affrontare tutto ciò, come migliorare il layout dell'impianto in modo da semplificare il trasporto, e trovare delle procedure di trasporto convenienti, ad esempio utilizzando dei convogliatori.

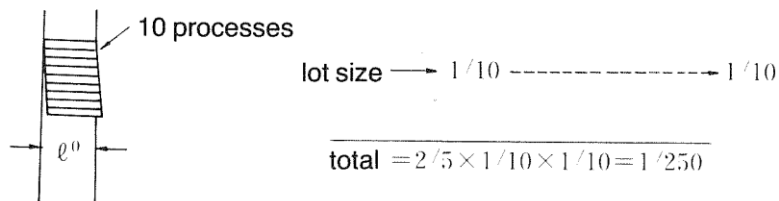
(A) Improvement of Process Delays



(B) Improvement of Lot Delays



(C) Small Lot Production



Strategy	Proportion of Previous Time	Percentage of Previous Time
Waiting for processing	2/5	40%
Waiting for lots	1/10	10%
Small lot production	1/10	10%
Total production time	1/250	.4%

Figura 7.1 – Ridurre il tempo di produzione

Produrre in piccoli lotti.

Il tempo di produzione può essere ridotto del 90 % intraprendendo una produzione a piccoli lotti, per esempio, dividendo i lotti di 1,000 pezzi in lotti di 100, e utilizzando tempi di lavorazione standardizzati e operazioni a flusso di singoli elementi. Ciò porta, però, ad un aumento di dieci volte del numero delle operazioni di setup che devono essere eseguite. Attraverso l'uso dello SMED, i tempi di produzione possono essere accorciati sensibilmente anche quando il numero di setup aumenta, dato che, per esempio, se un tempo di setup che era solito essere di 2 ore viene ridotto a 3 minuti, dieci ripetizioni del setup occuperanno solo 30 minuti. Combinando i risparmi del tempo di produzione ottenibili utilizzando le tre strategie descritte prima si ottengono degli ottimi risultati.

Presso la divisione della M Electric che si occupa di lavatrici, il completamento dell'intera produzione dalla tranciatura del corpo di una lavatrice su una pressa, alla formatura tramite pressa, inclusa la saldatura, la verniciatura, e l'assemblaggio viene realizzato in sole due ore per mezzo di tempi di lavorazione standardizzati e operazioni a flusso di singoli elementi. Questo traguardo è basato sull'approccio delineato sopra.

Per la prima volta, inoltre, lo Smed rende possibile eseguire diversi cambi giornalieri richiesti dall'adozione di uno “ schema di produzione suddiviso,” in cui gli stessi elementi vengono prodotti ogni giorno in piccoli lotti. I lead time di produzione vengono drasticamente ridotti tramite l'uso di metodi come questo. Come risultato:

- La produzione può avvenire dopo l'arrivo degli ordini, invece che prima.
- La produzione può iniziare anche prima della conferma degli ordini, sulla base di informazioni attendibili sugli ordini che incombono.
- Gli ordini dell'ultimo momento possono venire soddisfatti prontamente.

- E' facile rispettare le date di consegna.

In questo caso, lo SMED non ha solo ridotto drasticamente i tempi di produzione, ma ha anche ridotto sia il lavoro nell'ambito del processo, sia le quantità di prodotti finiti immagazzinate.

Aumento della flessibilità della produzione

In aggiunta all'accorciare i tempi di produzione, l'adozione dello SMED facilita il changeover dei prodotti, rendendo possibile rispondere rapidamente ai cambi della domanda e sostanzialmente incrementando la flessibilità della produzione.

Eliminazione di punti deboli concettuali

Una volta Shingo sentì dire dal vicepresidente delle Omark Industries di Portland Oregon, Ashton Marcus :

La Omark ha sempre voluto ridurre i magazzini, ma si è sempre fatto poco in questi riguardi perché lotti più piccoli e un maggior numero di cambi di setup significavano una diminuzione della produttività. Abbiamo sempre ritenuto che un cambio di setup dovesse essere eseguito da un professionista specializzato e che impiegasse diverse ore. Non ci eravamo semplicemente arresi a setup di diverse ore; non li avevamo mai neanche messi in discussione. Anche se sembrava logico, avevo i miei dubbi quando lessi nel vostro libro, Study of the Toyota Production System, che i nostri cambi di setup potevano essere completati in meno di dieci minuti. Nonostante ciò molti degli addetti alle operazioni accettarono la sfida, e separarono il setup interno da quello esterno, trasformarono il setup interno in esterno ed eliminarono gli

aggiustamenti. Come risultato, una operazione che prima impiegava 2 ore poteva ora essere ridotta a un minuto e 30 secondi. I risultati furono simili in altri programmi pilota. E i tempi di setup migliorati presero piede anche in altre operazioni. Riduzioni dell'ordine del 98% dei tempi precedenti in alcune posizioni permisero di passare ad una produzione a piccoli lotti. In mezzo anno l'intero magazzino dell'azienda era stato ridotto di oltre il 25%, e la produttività in quelle posizioni aumentò del 30%. Continuavo a pensare a come il nostro più grande problema fosse stata la presenza di un punto debole che ci aveva rassegnato all'idea che il cambio di setup fosse un'operazione lunga e bisognosa di operai specializzati.

Punti deboli concettuali di questo tipo possono sicuramente essere trovati in molte altre compagnie.

Nuove attitudini

Una rivoluzione nel modo di pensare rende possibile l'impossibile. Ad un seminario SMED, i partecipanti della Hitachi, Ltd. E della Bridgestone Tire fecero osservazioni del tipo seguente:

Nel mettere in pratica il sistema SMED, la cosa di cui ero più vivamente consapevole era la possibilità di rendere possibile l'impossibile. Francamente, all'inizio, non credevo che setup che erano soliti impiegare due o tre ore potessero essere eseguiti in meno di 9 minuti. Dopo averlo effettivamente provato, però, realizzai che era veramente possibile. Capii che non era una buona cosa continuare a ripetermi che non poteva essere fatto. Invece, provai a pensare a dei modi per applicare il sistema SMED. La cosa importante, continuavo a ripetermi, era quella di affrontare la sfida. Gradualmente realizzai che ciò che avevo sempre pensato impossibile poteva, in realtà, essere fatto.

Oggigiorno, quando qualcuno nella nostra compagnia fa un suggerimento, espressioni del tipo “ non potrà mai funzionare” o “ è impossibile” sono dei tabù. Quando ci ricordiamo che lo SMED si è in effetti dimostrato essere possibile, ci pensiamo ancora e finiamo per trovare un numero sorprendente di cose che possono essere realizzate quando accettiamo le sfide in maniera positiva. In ogni caso nonostante una tendenza ad assumere che qualcosa non possa essere fatto, ci ritroviamo con un numero inaspettatamente grande di possibilità quando ci dedichiamo a pensare a come potrebbe essere fatto.

In aggiunta il vicepresidente della Citroen, quando Shingo visitò la sua azienda nel 1982 si espresse nel modo seguente:

L'atmosfera all'interno della compagnia è completamente cambiata da quando siete venuto a darci dei consigli. C'era un'attitudine “pre-Shingo” e ora ne abbiamo una “post-Shingo”. Era abitudine che se qualcuno faceva dei suggerimenti, qualcun altro avrebbe detto che non avrebbe funzionato per questo o quel motivo o che questo o quel problema l'avrebbero reso impossibile. La maggior parte di quello che sentivamo erano ragioni per cui le cose non avrebbero potuto essere fatte, e un sacco di proposte morivano in fase di discussione. Dal successo dello Smed, però c'è stata una nuova determinazione nel trovare modi di far funzionare le cose; l'enfasi è sul mettere le idee in pratica. E quel che conta di più, quando qualcuno se ne viene fuori con un suggerimento e gli viene detto perché la sua idea non può funzionare, cambia approccio e fa altri suggerimenti. Questo ha velocizzato le conferenze, e un gran numero di problemi sono stati risolti mettendo in pratica i suggerimenti. Con così tanti miglioramenti, la produttività è recentemente aumentata in maniera notevole. La cosa per cui sono più grato è stata la rivoluzione nell'attitudine di ognuno verso il miglioramento.

Qui, come prima, vediamo che la maggior causa del successo di questo sistema è stato il cambiamento nelle percezioni della gente dopo aver testimoniato gli effetti dello SMED in prima persona.

Metodi di produzione rivoluzionati

In passato molte persone credevano che la produzione di massa fosse una cosa buona. Dato che i grandi ordini sono una cosa buona, anche la produzione a grandi lotti era considerata tale. Questa credenza, però, deriva da una confusione dei termini implicati. E' vero, in effetti, che gli ordini di grandi dimensioni sono vantaggiosi in molti modi. Velocizzano l'ammortizzamento dei macchinari e degli stampi e semplificano la gestione, quindi abbassano i costi di gestione. Tuttavia gli ordini di grandi dimensioni costituiscono un'area in cui il compratore ha la forza di decidere e il produttore è privato dell'autorità che gli permette di fare delle scelte. L'unica scelta lasciata al produttore è se utilizzare una produzione di piccoli o grandi lotti. Naturalmente, dato che i produttori preferiscono una produzione a grandi lotti, possono combinare piccoli ordini in ordini più grandi. Questi ordini più grandi, però, saranno ordini apparenti e non ordini reali. Ciò a cui pensiamo come un grande ordine, ad esempio, un ordine di 30.000 auto nel periodo di 10 giorni, in realtà non è niente di più di una reale domanda di 30.000 auto in 30 giorni, che per amor di convenienza, abbiamo compresso in 10 giorni. Quando le 30.000 auto prodotte in 10 giorni sono state consegnate, o il cliente o il rivenditore dovranno tenerle in magazzino. Anche con un ordine di così grandi dimensioni, le quantità immagazzinate verrebbero ridotte di molto se la produzione venisse spalmata su 30 giorni. I manager hanno sempre assunto, però, che la produzione anticipata fosse la via giusta da percorrere. Pensavano, inconsciamente, che la produzione anticipata fosse l'unico modo di produrre. Alla fine, la produzione anticipata, a cui ci riferiamo eufemisticamente come produzione programmata, è essenzialmente niente di più di una produzione basata sulle previsioni. Di

sicuro, noi facciamo del nostro meglio per migliorare l'affidabilità delle nostre previsioni conducendo indagini di mercato su vasta scala e cercando il consiglio degli esperti, ma le previsioni rimarranno pur sempre delle previsioni. Non possiamo aspettarci che coincidano al 100% con la domanda effettiva. Un'estate fresca, ad esempio, risulterà in minori vendite di vestiario estivo, e le rimanenze di capi invernali aumenteranno durante un inverno caldo. Inoltre le previsioni a lungo termine saranno sempre necessarie per la pianificazione del futuro bisogno dei materiali, dell'attrezzatura e della manodopera. Quando la produzione è collegata direttamente alla domanda attuale, invece, diviene possibile utilizzare una produzione di piccoli lotti per produrre il minimo necessario, tagliare i lead time al minimo, e rispondere immediatamente ai cambiamenti della domanda. Questi benefici elimineranno sicuramente le motivazioni che ci spingono a rimanere attaccati alla tradizionale produzione a grandi lotti.

E' vero che la produzione a grandi lotti ha alcuni vantaggi innegabili:

- Aumenta l'efficienza e l'abilità migliora velocemente, dato che la stessa operazione viene eseguita ripetutamente.
- La percentuale lavorativa aumenta perché sono necessari pochi setup.

L'impatto di questi vantaggi viene tuttavia sminuito considerevolmente, quando si utilizza il sistema SMED: i livelli di abilità necessari sono ridotti per mezzo di operazioni migliorate e semplificate, i setup sono semplificati e i tempi di setup ridotti drasticamente.

In ogni caso, era grandemente diffusa la credenza che la produzione di massa fosse buona e che il magazzino fosse un male necessario. Ora, con la realizzazione che gli ordini di grandi dimensioni e la produzione a grandi lotti sono fenomeni separati con vantaggi separati, dobbiamo riconoscere che gli ordini di grandi dimensioni sono sicuramente desiderabili, ma dovrebbero essere affrontati per mezzo di una produzione a piccoli lotti. I manager

responsabili della produzione devono riconoscere che la strategia giusta è quella di produrre solo ciò che può essere venduto. L'unica condizione indispensabile per attuare questa strategia è l'adozione del sistema SMED, e ciò per due ragioni: lo SMED rende possibile rispondere velocemente alle fluttuazioni del mercato, e crea al tempo stesso le condizioni necessarie per la riduzione dei lead time.

É arrivato il momento di dire addio al mito da tempo resistente della produzione anticipata e della produzione a grandi lotti. Dobbiamo inoltre riconoscere che la produzione flessibile si può ottenere solo tramite lo SMED.

Sommario

I risultati dello SMED vanno oltre i tempi di setup ridotti e le migliorate percentuali lavorative. I produttori che adottano il sistema SMED possono ottenere vantaggi strategici fondamentali eliminando i magazzini e rivoluzionando il proprio concetto base di produzione.

BIBLIOGRAFIA

Shigeo Shingo, 1981, *A Study of the Toyota Production System from an Industrial Engineering Viewpoint*, Productivity Press, Cambridge, Massachussets and Norwalk, Connecticut.

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