

JUST IN TIME

Il Just-In-Time¹ è una filosofia gestionale volta all'eliminazione di tutti gli sprechi di materiali, forza lavoro, spazio e tempo che possono essere riscontrati in un'azienda. Introdotto inizialmente dalla Toyota negli anni '60 e successivamente applicato con successo in molte imprese, per rispondere alle esigenze di un mercato saturo, instabile e dinamico, caratterizzato da frequenti innovazioni tecnologiche, il J.I.T. non si limita ad essere una tecnica di gestione, ma, come già detto, è una filosofia che, quindi, richiede un cambiamento radicale nel modo di agire, di pensare e di comportarsi di tutti coloro che direttamente o indirettamente partecipano al processo produttivo. Tuttavia bisogna precisare che è ben difficile riuscire ad ottenere un'assoluta e perfetta produzione just in time: essa rappresenta un ideale da perseguire con energia e determinazione, da usarsi come obiettivo a cui deve mirare tutto lo stabilimento anno dopo anno.

Il principio logistico posto alla base della gestione dei flussi di materiali con la tecnica del JIT, è quello secondo il quale bisogna realizzare e consegnare, nella quantità e nella qualità necessaria e con il minimo costo possibile, i prodotti finiti “giusto in tempo” per essere consegnati ai clienti esterni all'azienda. Questa stessa logica trova applicazione anche all'interno del singolo stabilimento ed implica che la singola fase del sistema produttivo debba approntare il proprio prodotto nel momento in cui serve a valle, ovvero:

- i materiali grezzi devono giungere appena in tempo per essere lavorati;
- i prodotti finiti da interno devono uscire dalle rispettive linee di lavorazione al momento opportuno per essere montate nei sottogruppi;
- i sottogruppi devono giungere all'assemblaggio finale nel momento in cui devono essere utilizzati;
- i componenti finiti da esterno devono entrare in azienda al momento opportuno per essere montati sul prodotto finale.

Il modello si basa su sei aspetti fondamentali [1]:

1. *Just-In-Time Production*: produrre esattamente solo i quantitativi di ogni referenza

¹ Letteralmente “Appena in tempo”, molto spesso meglio tradotto con l'espressione “Solo quando necessario”.

richiesti nel breve periodo e non anche quelli che, secondo le previsioni, si pensa di poter vendere in futuro. Ogni prodotto finito deve essere approntato “appena in tempo” per essere consegnato al cliente; ogni semilavorato e ciascun sottoassieme va prodotto “appena in tempo” per essere utilizzato; tutte le materie prime devono essere rese disponibili “appena in tempo” per essere consumate.

2. *Stockless Production*: evitare l’accumulo di scorte, utilizzate non tanto per ragioni economiche (come economie di scala, risparmi sui costi di trasporto, ecc.), ma per coprire le inefficienze interne ed esterne. Il livello di scorte superflue, a tutti i livelli della distinta base, deve essere drasticamente ridotto, consentendo così di evidenziare tutti i difetti e le inefficienze.
3. *Eliminazione degli sprechi*: l’applicazione di criteri strategici del JIT è basata sul principio fondamentale dell’eliminazione di ogni spreco; in tal senso è interessante osservare ciò che nella concezione giapponese viene definito “spreco”:
 - è spreco l’insieme delle attività e delle risorse che non si trasformano in valore aggiunto del prodotto finale;
 - è spreco l’eccesso di produzione;
 - è spreco la bassa qualità;
 - è spreco l’insieme delle potenzialità, capacità, abilità aziendali non sviluppate;
 - è spreco l’insieme delle energie che si annullano tra di loro e danno risultati inutili allo scopo aziendale.
4. *Produzione a flusso*: tendere verso una produzione a flusso, tipica dell’industria di processo, nella quale si passa dalle materie prime al prodotto finito senza interruzioni, eliminando i trasporti inutili e le polmonature intermedie.
5. *Pull system*: il materiale non avanza nel processo produttivo in base ad un programma di produzione fissato a priori, ma ogni parte è richiamata direttamente da chi la usa, cioè dal reparto a valle, ed è messa a disposizione quando occorre. Il ritmo di ogni reparto è deciso da quello della lavorazione successiva ed, in definitiva, è la confezione che fissa i ritmi di tutte le fasi precedenti, fino all’acquisto delle materie prime. Tale sistema di pianificazione è noto col termine giapponese di *Kanban* (cartellino segnaletico).

6. *Responsabilità dinamica*: le responsabilità “di reparto” sono tipicamente di tipo statico, mentre nel parlare di responsabilità dinamiche ci riferiamo alle responsabilità “di flusso”. Il sistema produttivo viene scomposto in U.T.E., *Unità Tecnologiche Elementari*, di cui fanno parte uomini della produzione, della pianificazione, del controllo qualità e della manutenzione. Ciascuna unità si configura, quindi, come una “fabbrica nella fabbrica”: a ciascuna U.T.E. vengono delegate ampie responsabilità, relativamente a tutte le operazioni che in questa vengono effettuate.

Per la realizzazione di un sistema di produzione Just-In-Time è di fondamentale importanza l'esistenza di alcune condizioni, quali:

- Per potersi approvvigionare dei materiali solo quando questi sono effettivamente necessari alla produzione, è necessario avere fornitori precisi ed affidabili, che assicurino brevi tempi di consegna ed elevati standard qualitativi. Perché ciò sia possibile, il fornitore deve essere fidelizzato: conviene approvvigionarsi da pochi fornitori con i quali vengano stipulati contratti a lungo termine. In questa ottica, il fornitore viene visto come un partner [2], se non addirittura come un alleato [3] nella competizione con i concorrenti. Per poter lavorare Just in Time, è necessario che tutti i fornitori siano in grado di lavorare secondo lo stesso modello. Non di rado vi sono aziende che adottano il *Just in Time Apparente* [2]: in quest'ultimo vi è un trasferimento della giacenza dell'assemblatore - produttore al fornitore, poiché quest'ultimo continua a produrre secondo una logica Make to Order, o Make to Stock, ma spedisce secondo la logica Just in Time del cliente. In effetti, quest'ultimo modello, non fa che trasferire il costo di mantenimento scorta ad una fase più a monte della catena di approvvigionamento.
- Per poter minimizzare i livelli di scorte, l'azienda deve essere in grado di produrre a lotti estremamente piccoli: il lotto ideale è quello unitario, composto da un unico esemplare. Perché la produzione di lotti unitari divenga economicamente conveniente è necessario ridurre i tempi di attrezzaggio delle macchine, ovvero il tempo che intercorre tra la produzione dell'ultima unità di un dato prodotto e la

produzione della prima unità² utile del prodotto successivo. Infatti, è proprio l'esistenza di tempi di set up considerevoli che induce a produrre per lotti, volendo spalmare il costo del tempo di inattività su un numero maggiore di prodotti. Tuttavia questo modus operandi, tipico della visione occidentale, non prende in considerazione il metodo più logico per affrontare il problema di lunghi tempi di set-up: ridurli. La minimizzazione dei tempi di attrezzaggio si effettua in primo luogo distinguendo il set-up "interno"³ dal set-up "esterno" ed, in seguito, cercando di convertire quanto più possibile l'attrezzaggio interno in esterno⁴.

- Al fine di produrre a flusso, con riduzione delle rilavorazioni, è necessario, che i materiali arrivati a ciascun centro di servizio abbiano una elevata qualità, nonché i materiali che ciascun centro di servizio offre a quelli successivi siano conformi alle caratteristiche di targa. È evidente che tecniche di Controllo di Accettazione delle materie prime e dei sottoassiemi all'entrata, nonché tecniche di Controllo Statistico di Processo, finalizzate al controllo di ciascun pezzo lavorato, sono di rilevante importanza in questo contesto. Tra l'altro è molto diffusa la tecnica di interrompere il flusso produttivo se il prodotto, allo stadio di lavorazione in cui si trova, presenti degli attributi non conformi agli standard. Al verificarsi di tali inconvenienti sono i responsabili del centro, che si preoccupano di indagare sull'inconveniente e di eliminare il problema, dando a questa attività la massima priorità.
- Un aspetto molto importante è anche quello organizzativo: tipicamente il modello Just in Time prevede la riduzione dei livelli all'interno di una organizzazione, la quale assume una configurazione detta *lean*, ovvero snella. Questo modello prevede, inoltre, la responsabilizzazione dei dipendenti a qualsiasi livello della gerarchia aziendale, nonché la stimolazione, degli stessi, ad evidenziare problemi e proporre soluzioni: in Toyota Motor Co. tra il 1951 e il 1989, il numero medio di suggerimenti per impiegato cresce dal 0,1 a 35; nello stesso periodo il tasso di

² Nei tempi di set up si suole incorporare il tempo necessario a portare il processo sotto controllo statistico, ovvero nei limiti definiti dalle carte di controllo

³ Si definisce set-up interno l'insieme di tutte le attività che richiedono effettivamente la fermata della macchina, per distinguerlo dal set-up esterno, che può essere effettuato mentre la macchina lavora.

⁴ Le tecniche che permettono di ottenere questi miglioramenti sono note come *SMED – Single Minute Exchange of Die*, e *OTED – One Touch Exchange of Die*

adozione dei suggerimenti cresce dal 23% al 97%, mentre nel 1992 ci sono stati 1.544.414 suggerimenti con il 99% degli stessi adottati [4].

Riduzione del tempo di attrezzamento.

Nel 1970 la Toyota riuscì a ridurre a tre minuti il tempo di attrezzamento di una pressa di 800 tonnellate per cofani e parafranghi. Questo attrezzamento è chiamato ad una cifra ("single setup") dal fatto che il tempo di attrezzamento è indicato da un numero di minuti primi di una cifra sola (cioè è uguale o inferiore a 9 minuti e 59 secondi). Attualmente il tempo di attrezzamento è in molti casi ridotto a meno di un minuto e viene chiamato attrezzamento istantaneo ("one-touch setup"). Le aziende americane ed europee spesso impiegano due ore e più per l'attrezzamento e, nei casi peggiori, anche un giorno intero.

Fu Taiichi Ohno, ex vice presidente della società, a ritenere che alla Toyota fosse necessario giungere ad un tempo di attrezzamento così incredibilmente breve; egli infatti intuì che l'abbreviazione dei tempi di attrezzamento avrebbe consentito di ridurre al minimo la dimensione dei lotti e quindi anche le scorte di semilavorati e prodotti finiti.

La produzione per piccoli lotti permette infatti di ridurre il lead time di lavorazione di molti tipi di prodotti e l'azienda può adattarsi molto velocemente agli ordini dei clienti ed alle variazioni di domanda.

A causa della riduzione del tempo di attrezzamento, l'indice di utilizzazione delle macchine può aumentare sino al valore massimo. Si deve tuttavia notare che l'indice di utilizzazione può anche essere tenuto basso perché si considera la sovrapproduzione fonte di sprechi, situazione peggiore di un basso indice di utilizzazione. La riduzione delle scorte, la produzione orientata a lavorare per commessa ed il tempestivo adeguamento alle variazioni di domanda sono il vantaggio più importante cui un attrezzamento "ad una cifra".

L'attrezzamento ad una cifra è un concetto innovativo creato dai giapponesi nel campo dell'industrial engineering. L'idea fu sviluppata da Shigeo Shingo, consulente della Toyota, ed è destinata a diventare in futuro, in tutto il mondo, patrimonio comune

nella teoria e nella pratica dell'industrial engineering. L'attrezzamento ad una cifra non deve essere considerato una tecnica. Esso è un concetto che richiede la modifica dell'atteggiamento di tutti i dipendenti dell'azienda. Nelle aziende giapponesi la riduzione dei tempi di attrezzamento non è promossa dagli appartenenti allo staff tecnico, ma attraverso l'attività di piccoli gruppi di operai diretti, chiamati "circoli della qualità" (QC) o "zero difetti" (ZD). I risultati ottenuti nel miglioramento dei tempi di attrezzamento e la conseguente grande soddisfazione stimolano gli operai a cimentarsi in simile attività in altre aree della fabbrica e questo è un importante beneficio collaterale della riduzione dei tempi di attrezzamento.

Concetti relativi all'attrezzamento

Al fine di abbreviare i tempi di attrezzamento, bisogna accettare innanzitutto quattro concetti principali. Qui di seguito si descrivono sei tecniche per applicare questi concetti. La maggior parte di queste tecniche fu sviluppata per applicare i concetti contrassegnati in seguito con i numeri 2 e 3. Per esaminare ciascun concetto e ciascuna tecnica verrà adottato come esempio principale il caso della pressa, ma le stesse soluzioni possono essere applicate a tutti gli altri tipi di macchine.

Concetto 1. Separare l'attrezzamento "interno" ("internal setup") dall'attrezzamento "esterno" ("external setup").

L'attrezzamento chiamato "interno" si riferisce a quelle attività che richiedono inevitabilmente la fermata della macchina. L'attrezzamento chiamato "esterno" si riferisce invece alle attività che possono essere svolte mentre la macchina funziona. Nel caso di una pressa queste attività possono essere svolte prima o dopo il cambio dello stampo.

Questi due tipi di attività devono essere rigorosamente separati. Quando cioè la macchina è stata fermata, l'operaio non deve mai allontanarsi da essa per svolgere operazioni di attrezzamento esterno.

Stampi, utensili ed altri materiali devono essere rigorosamente preparati a fianco della macchina durante l'attrezzamento esterno ed ogni necessità di riparazione degli stampi

deve essere stata soddisfatta prima. Durante l'attrezzamento interno le uniche operazioni da compiere sono il montaggio e lo smontaggio degli stampi.

Concetto 2. Convertire per quanto possibile l'attrezzamento interno in attrezzamento esterno.

Questo è il concetto più importante per quanto riguarda l'attrezzamento "ad una cifra". Ecco alcuni esempi:

- ? L'altezza dello stampo di una pressa o di una macchina per colata può essere normalizzata adottando degli spessori in modo da eliminare la necessità di regolazione della corsa (figura 6-1).
- ? Le macchine di pressofusione possono essere preriscaldate utilizzando calore di recupero dal forno che fa parte di queste macchine. Ciò significa che il primo colpo per riscaldare lo stampo metallico della macchina a pressofusione può essere eliminato.

Concetto 3. Eliminare l'attività di registrazione.

L'attività di registrazione in un'operazione di riattrezzamento assorbe di solito dal 50 al 70% di tutta la fase di attrezzamento interno, pertanto la riduzione del tempo di registrazione è molto importante quando si vuole abbreviare il tempo totale di attrezzamento.

La registrazione è generalmente considerata essenziale e tale da richiedere manodopera qualificata, ma questa è un'opinione errata. Può darsi infatti che sia necessaria un'operazione di registrazione, come per esempio quella di spostare l'interruttore di fine corsa dalla posizione "100 mm" alla posizione "150 mm". Quando però tale interruttore è stato spostato ad una certa posizione si deve provvedere ad eliminare ulteriori controlli ripetitivi della posizione di registrazione. La sistemazione del riferimento è un concetto che deve essere considerato indipendente dalla sua registrazione. Ecco alcuni esempi:

- ? Il fabbricante di una pressa può costruire una macchina adattabile alle necessità dei vari clienti per quanto riguarda l'altezza dello stampo. Ciascuna azienda (cioè ciascun utilizzatore) può normalizzare l'altezza dei suoi stampi ad un certo valore al fine di eliminare la registrazione della mazza (figura 6-1).
- ? Si supponga che una macchina per pressofusione richieda una corsa differente dell'estrattore a seconda dello stampo usato e che quindi la posizione dell'interruttore di fine corsa debba essere modificata per regolare tale corsa. Al fine di trovare la posizione esatta, una regolazione è sempre necessaria. In un caso del genere invece di avere un solo interruttore si possono installare cinque interruttori, se cinque sono le posizioni possibili. Una volta adottata questa soluzione, per completarla si può inviare la corrente elettrica solo all'interruttore che serve, semplicemente premendo un pulsante al momento opportuno. Ne consegue che la registrazione della posizione è completamente eliminata (figura 6-2).
- ? La sostituzione dello stampo su una pressa può essere agevolata con l'impiego di un carrello a tavola rotante. Il principio di funzionamento del carrello a tavola rotante è lo stesso di quello della pistola a tamburo. Le fasi di funzionamento sono (figura 6-3):
- ? Liberare lo stampo n.1 dal bloccaggi che lo fissano alla pressa (la produzione su questo stampo è finita).
- ? Spingere il carrello a tavola rotante sino ad avvicinarlo alla pressa ed azionare il bloccaggio del carrello.
- ? Trasferire lo stampo n. 1 sul carrello.
- ? Far ruotare la parte superiore del carrello e trasferire lo stampo n.2 sulla pressa.
- ? Liberare il bloccaggio del carrello e spingere il carrello lontano dalla pressa. Nello stesso tempo disporre lo stampo n.2 sulla pressa. La figura 6-4 illustra un carrello a tavola rotante.

Impiego di uno spessore per normalizzare l'altezza dello stampo.

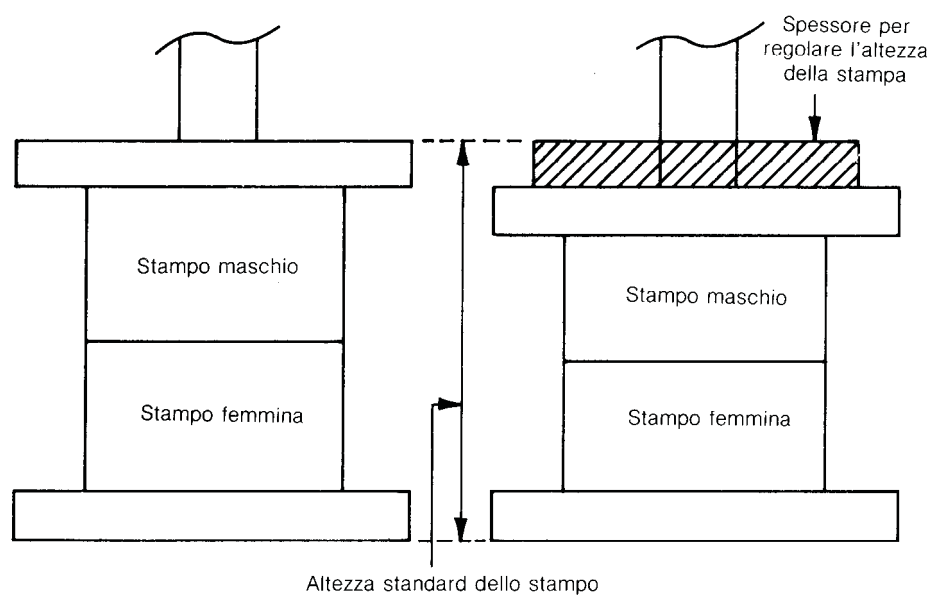
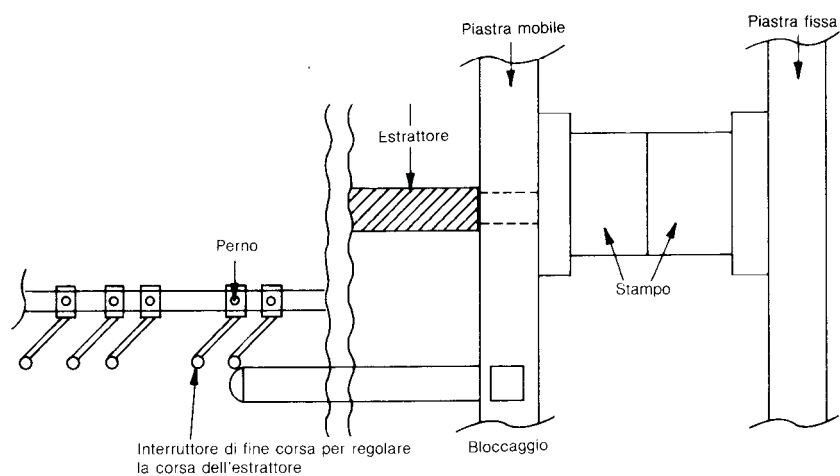


Figura 6-1

L'installazione di un interruttore di fine corsa in tutte le posizioni opportune accelera la regolazione della corsa dell'estrattore.



Fegura 6-2

Figura 6-2
Carrello a tavola rotante.

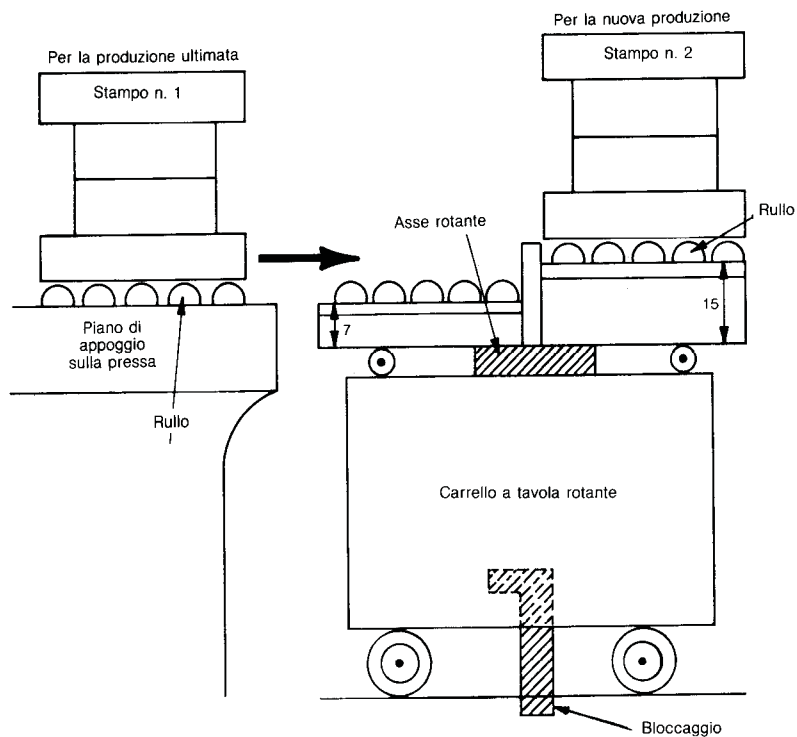


Figura 6-3

Tavola rotante.

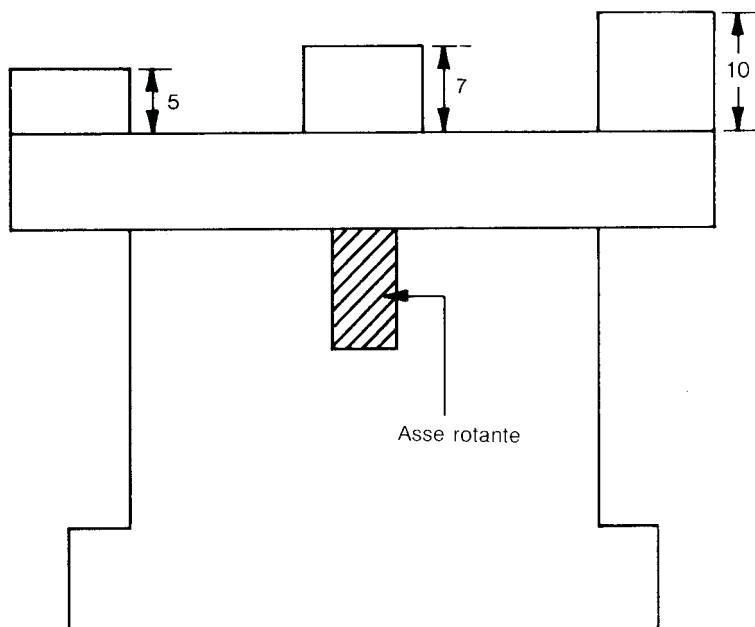


Figura 6-4

Si deve ancora una volta sottolineare che, anche se la macchina può assumere diverse posizioni con continuità, le posizioni che interessano sono solo alcune e ben determinate in successione. L'esempio dei cinque interruttori di fine corsa (figura 6-2) ed il carrello a tavola rotante (figure 6-3 e 6-4) sono basate su questo principio. Il numero di posizioni su cui si deve intervenire è molto limitato. Un sistema di tal genere si può chiamare *sistema di regolazione a posizioni fisse incorporate* ("finite-settings built-in system"). Si tratta di un sistema che consente posizionamenti istantanei.

Concetto 4. Abolire il riattrezzamento.

Per abolire completamente il riattrezzamento si può scegliere tra due soluzioni: una è quella di usare un prodotto di disegno unificato ed usare lo stesso pezzo per diversi prodotti, l'altra è produrre pezzi diversi contemporaneamente. Quest'ultima soluzione può essere attuata a sua volta in due modi. Il primo è il sistema delle "serie". Per esempio, nel caso dello stampo di una pressa, si possono predisporre le figure di due pezzi A e B di forma diversa ed attrezzarli come serie. I due pezzi suddetti vengono separati dopo lo stampaggio avvenuto nello stesso tempo.

Il secondo metodo è quello di stampare un gruppo di pezzi in parallelo impiegando macchine multiple meno costose. Per esempio, un certo reparto usa una di queste macchine per un'operazione di stampaggio invece della classica pressa. In questo reparto ciascun operaio controlla questa piccola macchina mentre è impegnato in altri lavori come operaio polivalente. La macchina è collegata ad un piccolo motore per l'uso e può svolgere la stessa funzione di una grande pressa. Se sono disponibili molte macchine di questo tipo, si può usarle in parallelo per produrre diversi tipi di pezzi.

Applicazione dei concetti

Si illustrano qui di seguito sei tecniche per l'applicazione dei quattro concetti esposti in precedenza.

Tecnica 1. Regolamentare l'attività di attrezzamento esterno.

Le operazioni per preparare stampi, attrezzi e materiali devono essere precisate come cicli di lavoro e regolamentate. Tali operazioni regolamentate devono essere scritte su fogli di carta da appendere alle pareti perché gli operai le possano vedere. Gli operai a loro volta devono allenarsi per prendere padronanza del ciclo.

Tecnica 2. L'unificazione delle macchine deve riguardare solo le parti che interessano.

Se le dimensioni e la forma di tutti gli stampi sono completamente unificate, il tempo di attrezzamento verrà ridotto enormemente. Ciò comunque verrebbe a costare molto, pertanto si devono unificare solo le parti relative alle funzioni dello stampo che interessano gli attrezzamenti. Lo spessore citato nel concetto 2 per unificare l'altezza dello stampo è un esempio di questa tecnica (figura 6-1).

Se l'altezza del porta-stampo sulle presse fosse unificata, si potrebbero eliminare tanto lo scambio degli attrezzi di bloccaggio quanto la regolazione.

Tecnica 3. Usare bloccaggi veloci.

Un bullone è di solito il mezzo di bloccaggio più comune. Poiché, tuttavia, un bullone blocca solo al termine della rotazione del dado e può sbloccare all'inizio dello svitamento, si deve adottare uno strumento di bloccaggio adatto che permetta solo un giro del dado. Tra gli esempi elenchiamo l'impiego di asole a forma di pera, di rosette a forma di U e di bulloni e dadi fissati longitudinalmente come illustrato in figura 6-6. In una certa azienda si svolgeva un'operazione di avvolgimento di bobine. Ad avvolgimento avvenuto, la bobina veniva normalmente estratta dopo che il dado e la rosetta erano stati rimossi. Per abbreviare il tempo richiesto per l'estrazione della bobina, il diametro esterno del dado fu ridotto ad una dimensione inferiore di quella del diametro interno della bobina e fu impiegata una rosetta a forma di U. Si poté quindi estrarre la bobina molto velocemente allentando il dado di un giro solo, togliendo la rosetta a forma di U e facendo uscire la bobina senza estrarre il dado.

La normalizzazione dell'altezza della staffa di ancoraggio riduce la necessità di sostituire gli attrezzi di bloccaggio.

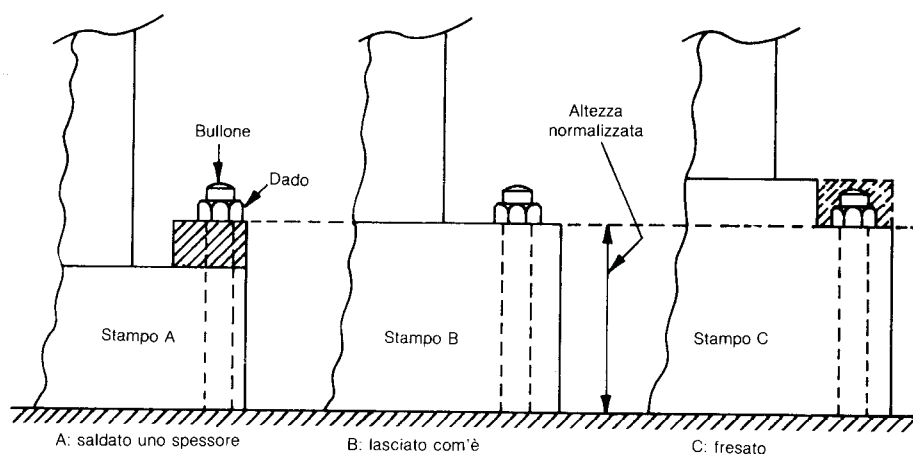


Figura 6-5

In un altro caso vi erano 12 bulloni sulla flangia periferica di un forno. L'asola dei bulloni sul coperchio fu ricavata a forma di pera e fu usata una rosetta a forma di U. Ruotato quindi il coperchio verso sinistra si poté sollevarlo facendolo passare attraverso la parte più larga delle asole a forma di pera senza separare i dadi dai bulloni.

Si possono fresare tre intagli longitudinali sul filetto dei bulloni e in corrispondenza di questi tre tagli se ne possono fresare altri tre sul filetto del dado. Ecco che, quando il dado è applicato al bullone facendo corrispondere le zone filettate rimaste sul dado stesso a quelle fresate del bullone, il dado può essere fissato alla macchina con un giro solo.

Un sistema a cassetta che utilizzi il concetto dell'incastro dà la possibilità di attrezzamenti in meno di un minuto primo, o attrezzamenti istantanei. La figura 6-7 ne illustra un esempio: si tratta di un sistema con guida di riferimento e dimensione del porta-stampo normalizzata. La stessa figura 6-7 illustra un dispositivo di riferimento per stampi che si basa sull'incastro di due profili.

Tecnica 4. Usare attrezzi ausiliari.

Richiede parecchio tempo applicare ad uno stampo un dispositivo di bloccaggio direttamente alla pressa o al mandrino di un tornio. Pertanto, lo stampo o il dispositivo devono essere applicati all'attrezzo ausiliario nella fase di attrezzamento esterno mentre nella fase di attrezzamento interno questo attrezzo può essere fissato alla macchina istantaneamente. Per questo metodo l'attrezzo ausiliario deve essere unificato. Il carrello a tavola rotante della figura 6-3 è un altro esempio tipico di questa tecnica.

Esempi di mezzi di bloccaggio (tecnica n. 3): (1) Rosetta a forma di U; (2) Asola a forma di pera; (3) Dadi e bulloni con fresature alternate.

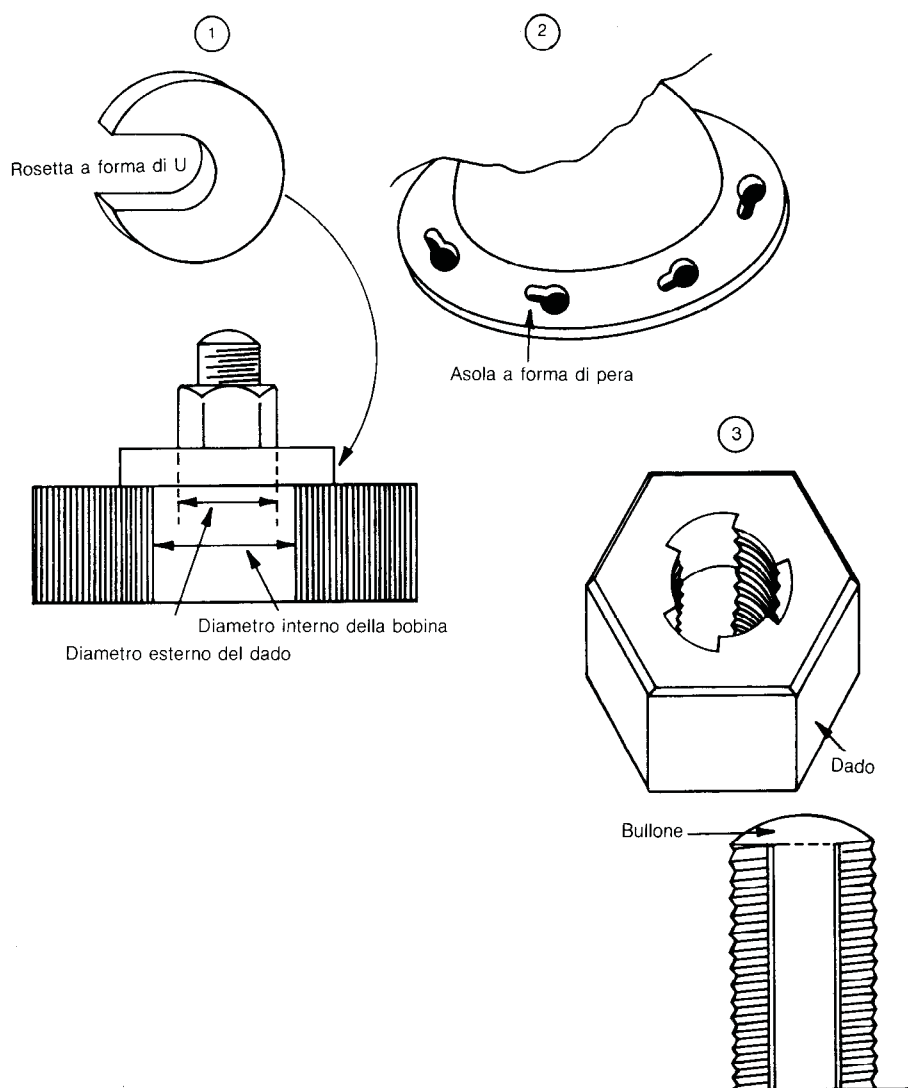


Figura 6-6

Tecnica 5. Adottare operazioni in parallelo.

Una grande pressa o una macchina di colata hanno molte posizioni di attacco tanto sui loro lati destro e sinistro quanto sulle loro parti anteriore e posteriore. L'attrezzamento di tali tipi di macchine richiede il lavoro di un operaio per lungo tempo. Se invece si impiegano due operai per tale lavoro si possono eliminare operazioni inutili e si può ridurre il tempo di attrezzamento. Anche se il numero totale di ore di lavoro per attrezzamento non cambia, può crescere il tempo di lavoro produttivo della macchina. Se un tempo di attrezzamento di un'ora fosse ridotto a tre minuti, il secondo operaio sarebbe necessario per tale operazione solo durante questi tre minuti. Per questo si istruiscono degli specialisti nell'attività di attrezzamento sulle presse che potranno lavorare insieme agli addetti macchina.

Sistemi di posizionamento per bloccaggio rapido (tecnica n. 3): (4) Sistema a cassette con guida di scorrimento e arresto; (5) Sistema di posizionamento dello stampo cc guida ad incastro.

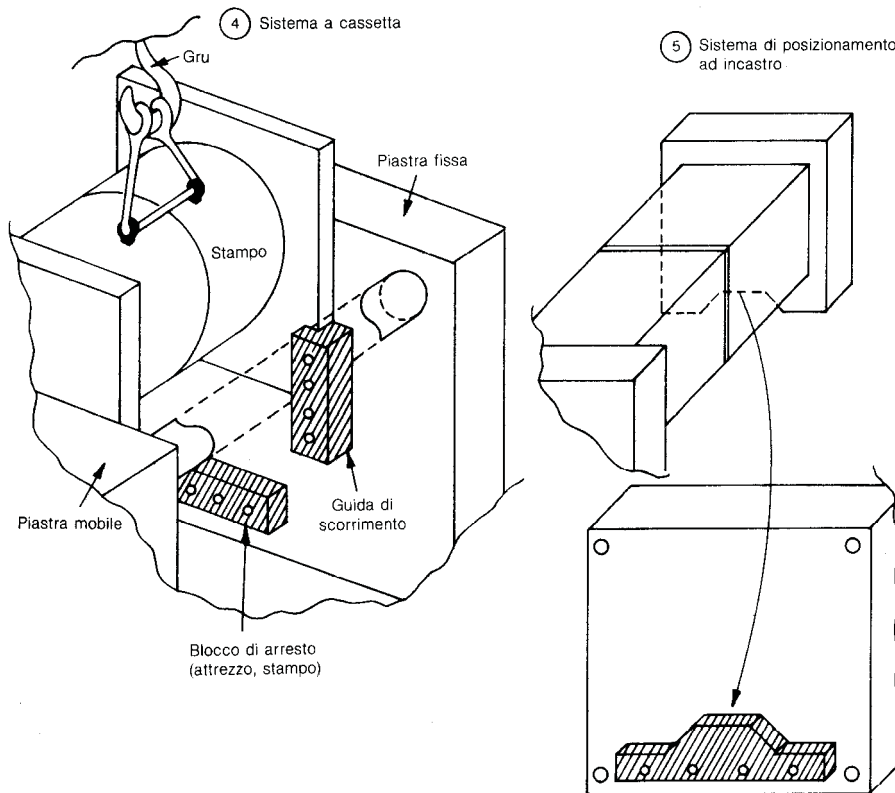


Figura 6-7

Tecnica 6. Adottare attrezzamenti meccanizzati.

Per bloccare lo stampo si devono impiegare dispositivi idraulici o pneumatici che operano contemporaneamente in più posizioni in tempo brevissimo. Inoltre, anche l'altezza della pressa deve essere regolata elettricamente con apposito meccanismo. Comunque, benché questi meccanismi siano molto convenienti, un costoso investimento in questo campo potrebbe significare mettere il carro davanti ai buoi".

Sebbene la Toyota abbia ridotto il tempo di attrezzamento a meno di dieci minuti, si ricordi che si tratta del tempo di attrezzamento interno. Il tempo di attrezzamento esterno richiede infatti ancora mezz'ora o un'ora anche alla Toyota. Senza questo periodo di tempo lo stampo necessario per il lotto successivo non può essere cambiato. Ne consegue che alla Toyota la dimensione del lotto o il numero di attrezzamenti al giorno è sostanzialmente limitato dal periodo di tempo richiesto dall'attrezzamento esterno.

In conclusione, tanto per le aziende americane quanto per quelle europee o di altri paesi, l'applicazione del sistema di produzione Toyota può incontrare delle difficoltà, come quelle di tipo sindacale o culturale. Tuttavia, le soluzioni per ridurre il tempo di attrezzamento qui descritte possono essere adottate in ogni azienda e consentono di ridurre il giro di lavorazione e di abbreviare il lead time di produzione, anche se non nella stessa misura che sarebbe possibile se fossero accompagnate dal sistema kanban. La riduzione del tempo di attrezzamento di molte macchine rappresenta una delle vie più facili per introdurre il sistema di produzione Toyota.

Programmazione e gestione della produzione

Per illustrare le modalità di programmazione e gestione della produzione in un sistema Just In Time ci rifaremo all'esempio della Toyota, l'azienda in cui è nata l'idea del JIT.

L'obiettivo finale del sistema di produzione Toyota è di aumentare gli utili diminuendo i costi [5]. La diminuzione dei costi diventa possibile con l'eliminazione

degli sprechi, specialmente rinunciando alle scorte non necessarie. Un tale obiettivo è raggiunto con la produzione Just-In-Time. Nel campo delle vendite, il concetto Just-In-Time verrà attuato fornendo il prodotto da vendere solo nella quantità che si può vendere. Questa condizione può essere conseguita solo con una produzione che si adegua prontamente alle variazioni della domanda. Da essa consegue inoltre che le eccedenze di prodotto finito possono essere eliminate.

Alla Toyota si chiama *livellamento della produzione* lo strumento che consente di adeguare la produzione alle variazioni della domanda. Se la produzione è livellata, una linea di produzione non dovrà più produrre solo un tipo di prodotto unico in grandi lotti: al contrario, una linea dovrà produrre ogni giorno molte varietà di prodotti, in funzione della varietà di domanda del cliente. In tal modo la produzione è sempre aggiornata e le scorte sono ridotte.

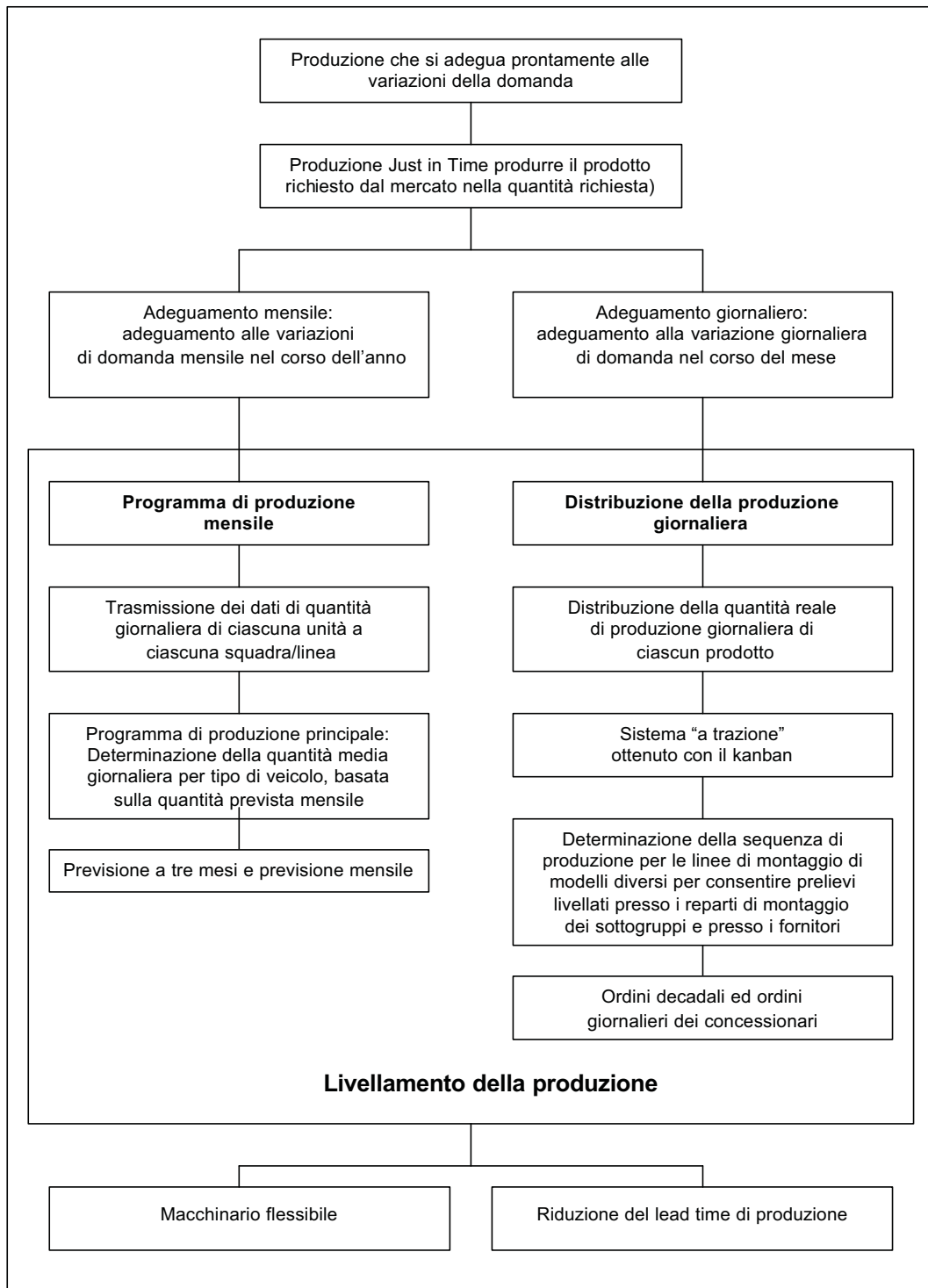
La figura successiva riporta le due fasi del processo di livellamento della produzione. La prima fase consiste nell'adattamento alle variazioni di domanda mensile nel corso dell'anno (adattamento mensile), mentre la seconda consiste nell'adattamento alle variazioni giornaliere nel corso del mese (adattamento giornaliero). L'adattamento mensile si ottiene tramite il programma di produzione mensile: è il cosiddetto programma di produzione principale (master production schedule) che determina il livello medio di produzione di ciascun reparto nello stabilimento. Il programma di produzione principale, come abbiamo visto, è basato su una previsione di domanda a tre mesi e su una previsione di domanda ad un mese. La fase successiva, l'adattamento giornaliero, è resa possibile con l'assegnazione del programma di produzione giornaliero. Qui emerge il ruolo del sistema kanban nel livellamento della produzione: infatti l'assegnazione del programma giornaliero può essere ottenuta con un sistema a trazione: kanban e programmazione delle sequenze di lavorazione. Nel caso della linea di montaggio di modelli misti, solo se viene adottata questa programmazione la Toyota può attuare dei prelievi livellati sia presso i reparti di lavorazione sia presso i suoi fornitori.

Programmazione della produzione mensile

La Toyota Motor Corporation ha un programma di produzione annuale che indica

quanti veicoli produrre o vendere nel corso dell'anno. Ha inoltre un programma di produzione mensile a due livelli. Innanzitutto, il tipo dei veicoli e la rispettiva quantità vengono definiti con due mesi di anticipo mentre il programma delle altre caratteristiche di dettaglio viene definito con un mese di anticipo rispetto al mese di produzione [5]. Tali informazioni, quella sui tipi e quella sugli altri dettagli, sono comunicate alle aziende fornitrici nello stesso momento. In base al programma di produzione mensile si definisce la distribuzione della produzione giornaliera. Nel caso del sistema di produzione Toyota la distribuzione della produzione giornaliera è particolarmente importante perché il concetto di produzione livellata è proprio insito in questa distribuzione.

La produzione livellata interessa due campi: la produzione media giornaliera totale di un prodotto e la quantità media di ciascuna variante del prodotto all'interno del totale generale. Per esempio, negli stabilimenti della Toyota vi sono molte linee di montaggio: la linea della vettura "A", la linea della vettura "B", la linea della vettura "C", ecc. Si supponga che la linea della vettura "A", debba produrre 20.000 unità in un mese di 20 giorni lavorativi. Ciò significa che si devono produrre 1000 vetture "A" al giorno. Questo è il livellamento per quanto riguarda la quantità di produzione giornaliera, cioè la ripartizione della quantità totale in quantità uguali da produrre ogni giorno.



Allo stesso tempo la linea della vettura “A” deve essere equilibrata per quanto riguarda le varianti di vetture “A” disponibili. La linea della vettura “A”, monta 3000 o

4000 varianti che sono differenti una dall'altra per la diversa combinazione di motori, cambi, trasmissioni, numero delle porte, colori interni ed esterni, pneumatici ed optional vari. La quantità di ciascuna di queste varianti A deve essere pure equilibrata nella produzione giornaliera. Si supponga che ci siano quattro tipi principali (A_1 , A_2 , A_3 , A_4) di vetture sulla linea della A e che il numero di giorni lavorativi del mese sia 20. La quantità media giornaliera risultante per ciascun tipo è riportata nella tabella successiva. Nell'ultima parte del mese precedente, ciascuna linea viene informata della quantità media giornaliera di ciascuna variante. Tale informazione, insieme a molti altri dati di programmazione, viene elaborata dal computer dell'ufficio centrale di programmazione della produzione.

Quantità livellata giornaliera per prodotto				
Tipi	Richiesta mensile	Produzione media giornaliera	Tempo ciclo turni	Unità ogni 9 min 36 sec
A_1	8000 unità	400 unità	480 min? 2 <i>turni</i> 1000 <i>unità</i> = 0,96 min/unità	4 unità
A_2	6000 unità	300 unità		3 unità
A_3	4000 unità	200 unità		2 unità
A_4	2000 unità	100 unità		1 unità
	20000 unità	1000 unità/giorno		10 unità

Allorché un reparto di produzione riceve il suo programma mensile relativo alla produzione media giornaliera, deve adeguare la sua attività ai nuovi dati. Per esempio, l'utilizzazione di una macchina è normalmente fissata sul 90% della sua capacità totale e ciascun operaio, come operaio polivalente, può controllare sino a dieci macchine. Quando la domanda cresce, si assumono temporaneamente degli operai e ciascun operaio controllerà meno di dieci macchine, rendendo così possibile l'utilizzazione del 100% della capacità delle macchine stesse.

Sulle linee di montaggio, per esempio, se un operaio compie il suo lavoro con un minuto primo di tempo ciclo, sarà possibile compiere lo stesso lavoro con un tempo ciclo di 30 secondi aumentando il numero degli operai temporanei. Come conseguenza, la produzione può essere raddoppiata. Questa soluzione potrà anche essere applicata ai programmi a lungo termine per l'aumento della produttività di uomini e macchine.

La Toyota può adattarsi ad aumenti di domanda relativamente in poco tempo, ricorrendo all'ingresso anticipato o all'uscita posticipata delle maestranze, cioè

riempiendo le ore vuote fra il primo turno (dalle 8 alle 17) ed il secondo turno (dalle 21 alle 6): questo le consente di ottenere un aumento di capacità sino al 37,5%. Inoltre, molti dei miglioramenti attuati nei vari reparti causano delle inattività che possono essere colmate in un periodo di aumento della domanda.

Al contrario, se la domanda diminuisce, l'adattamento è molto più difficile, ma si devono prendere provvedimenti. Nei reparti di lavorazione meccanica crescerà il numero di macchine controllato da ciascun operaio poiché gli operai assunti a tempo determinato saranno lasciati a casa. Sulla linea di montaggio aumenterà il tempo ciclo a causa della riduzione della domanda. Nel caso vi sia manodopera in eccesso, la Toyota è convinta che è meglio che gli operai in eccesso siano messi in vacanza piuttosto che produrre prodotti non richiesti.

Le attività che si possono svolgere durante un tale periodo possono essere:

- ? Trasferire gli operai ad altre linee.
- ? Diminuire lo straordinario.
- ? Programmare delle riunioni dei circoli della qualità.
- ? Svolgere attività di riattrezzamento.
- ? Far manutenzione e riparazione di macchinario.
- ? Produrre utensili ed attrezzi migliori.
- ? Riparare le perdite di acqua nello stabilimento.
- ? Produrre pezzi che prima si facevano fare da fornitori esterni.

L'obiettivo più importante è migliorare l'attività per soddisfare la nuova domanda con un numero minimo di operai. La Toyota, tuttavia, non considera necessario cercare di soddisfare la domanda con un numero minimo di macchine. Al contrario, l'azienda ha di solito un'esuberanza di capacità di macchinario. In tal caso, quando la domanda aumenta, sono solo necessari degli operai temporanei e si può con efficacia espandere facilmente la capacità produttiva.

Assegnazione della produzione giornaliera

Dopo il calcolo del programma di produzione mensile, il passo successivo per il

livellamento della produzione è la preparazione del programma relativo alla sequenza giornaliera. Quest'ultimo programma precisa l'ordine di montaggio dei vari veicoli che avanzano sulla linea di montaggio: per esempio $A_1-A_2-A_1-A_3$, e così via. Si deve innanzitutto determinare un tempo di ciclo che dovrà essere imposto come vincolo per i tempi di lavorazione dei singoli processi di lavorazione nel seguente modo:

$$\max_j \frac{\sum_{i=1}^n Q_i T_{i,j}}{\sum_{i=1}^n Q_i} \leq C$$

dove con C è stato indicato il tempo ciclo ottenuto come rapporto tra il tempo totale di ore disponibili giornaliere e la somma di tutte le quantità da produrre per ogni prodotto finito, con Q_i è stata indicata la quantità di produzione pianificata per il prodotto i^{mo} e $T_{i,j}$ è il tempo di lavorazione per eseguire il prodotto i^{mo} sul processo j^{mo} .

La sequenza è calcolata in modo che viene ultimato un veicolo allo scoccare della fine di un tempo ciclo, prima che un altro veicolo a programma sia immesso sulla linea. Ciascun modello, inoltre, verrà ultimato con una cadenza temporale pari al proprio tempo ciclo calcolato come rapporto tra il tempo disponibile per le lavorazioni e la quantità richiesta per quel modello. Difficilmente si riesce a garantire una cadenza perfettamente multipla del tempo ciclo di ciascun modello della sequenza poiché, a tal fine, sarebbe necessario che il rapporto tra il tempo ciclo di ciascun modello risulti multiplo del tempo ciclo calcolato sull'intera produzione.

La determinazione della sequenza, quindi, viene effettuata in modo da avvicinarsi quanto più possibile ad una cadenza regolare di ogni modello.

In taluni casi si procede con la determinazione della sequenza in modo da livellare il consumo dei componenti di primo livello della Distinta Base. Uno dei metodi adottati per determinare le sequenze di produzione, basandosi sul consumo dei componenti, è rappresentato da goal chasing method di seguito descritto.

Sia Q la quantità totale di prodotto da realizzare nei suoi modelli A_i ($i = 1, \dots, n$), N_j la quantità totale necessaria del componente a_j ($j = 1, \dots, m$), $X_{j,k}$ la quantità totale necessaria del componente a_j che deve essere impiegata per realizzare i prodotti della determinata sequenza dal primo al k^{mo} . In base a queste notazioni si potrà definire la quantità media necessaria del componente a_j per unità di prodotto e la quantità media

necessaria del componente a_j per produrre k unità di prodotto, rispettivamente nel seguente modo:

$$\frac{N_j}{Q}, \frac{K \cdot N_j}{Q}$$

Il concetto alla base del modello di determinazione della sequenza produttiva rendendo quanto più possibilmente costante il consumo del componente a_j , è che l'ammontare di $X_{j,k}$ deve essere il più possibile vicino al valore di $\frac{K \cdot N_j}{Q}$. In tal modo

si definiscono due punti di un piano a due dimensioni:

$$G_k = \left\{ \frac{K \cdot N_1}{Q}, \dots, \frac{K \cdot N_m}{Q} \right\}$$

$$P_k = \{X_{1,k}, \dots, X_{m,k}\}$$

e per poter assicurare l'impiego costante di componente a_j , il punto P_k dovrà essere quanto più vicino possibile al punto G_k , di conseguenza dovrà essere minimizzata la distanza:

$$D_k = \|G_k - P_k\| = \sqrt{\sum_{j=1}^m \left(\frac{K \cdot N_j}{Q} - X_{j,k} \right)^2}$$

Il processo iterativo per la determinazione della sequenza è il seguente:

Passo 1. Si pone $k = 1$, $X_{j,k-1} = 0$ (per ogni $j = 1, \dots, m$), si definisce l'insieme che costituisce la totalità dei modelli da realizzare $S_{k-1} = \{1, \dots, i, \dots, n\}$. Il valore di ogni elemento del vettore S potrà essere binario con valore 0 nel caso in cui non ci siano più unità del modello corrispondente da realizzare e 1 nel caso in cui ve ne siano ancora, oppure numerico rappresentando per ciascun elemento il numero di unità ancora disponibili da inserire nella sequenza;

Passo 2. Si pone come k^{mo} ordine nella programmazione di sequenziamento il prodotto A_i che rende minima la distanza D_k ;

Passo 3. Si toglie, quindi, il prodotto i dall'insieme S_{k-1} , nel caso di valore binario, Se tutte le unità del prodotto determinato al passo precedente sono state inserite nella programmazione di sequenza o si riduce di un'unità il valore corrispondente al modello inserito nella sequenza nel caso in cui i valori del vettore corrispondano

alle quantità ancora disponibili. In quest'ultimo caso i modelli ai quali corrisponde un valore nullo nel vettore non vengono presi in considerazione per le assegnazioni successive;

Passo 4. Se l'insieme S_k è l'insieme vuoto, l'algoritmo termina avendo determinato la sequenza migliore altrimenti si dovrà calcolare $X_{j,k} \leq X_{j,k+1} \leq b_{i,j}; \quad \forall i \in 1, \dots, m$ e tornare al passo 2 avendo posto $k=k+1$.

Il programma delle sequenze viene comunicato solo al punto dove inizia la linea di montaggio finale e a nessun altro reparto. Questo è l'aspetto più caratteristico del sistema di produzione Toyota, in altri sistemi ogni reparto di produzione deve essere informato del suo particolare programma di produzione dall'ufficio di programmazione centrale, come si fa nel MRP. Alla Toyota, comunque, si dà almeno un'informazione di massima ai reparti che precedono la fase di montaggio finale, cioè la lavorazione meccanica, la fonderia, la fucina e lo stampaggio: si tratta delle quantità che si prevede verranno richieste. In base a queste previsioni di produzione mensile il responsabile di ciascun reparto può organizzare la forza lavoro per il mese in programma.

Come vedremo con maggior dettaglio in seguito, quando la linea di montaggio finale monta un veicolo impiegando i pezzi depositati a fianco della linea, il kanban attaccato a tali pezzi viene staccato. Un operaio si reca quindi a prelevare i pezzi presso la fase di lavoro a monte che, da parte sua, produrrà altri pezzi in quantità esattamente pari a quella prelevata. Ecco quindi che nessuna fase a monte avrà bisogno in anticipo di alcun programma delle sequenze: in altre parole il kanban provvede affinché le istruzioni di produzione risalgano lungo le fasi di lavoro a monte, fase per fase.

Trasmissione della sequenza di produzione alla linea di montaggio

Gli operai della linea di montaggio devono sapere solo qual è il tipo del prossimo veicolo che devono montare. Per ricevere quest'informazione la linea di montaggio impiega una stampante o il videoterminale di un computer. L'informazione circa il

tipo del prossimo veicolo da montare viene trasmessa in tempo reale — coerentemente con la sequenza di produzione fissata dal computer centrale — alla stampante o al videoterminale posto all’inizio della linea di montaggio e collegato on-line.

Il terminale fornisce per ciascun veicolo, insieme ad altre informazioni, anche un cartellino per ogni auto. Seguendo le prescrizioni di questo cartellino gli operai della linea di montaggio possono montare il veicolo con le caratteristiche richieste.

Mentre il cartellino ed il programma delle sequenze vengono usati solo sulle linee di montaggio, le fasi di lavoro a monte di una fabbrica di automobili — dalla fonderia, fucina e lavorazione meccanica in su sino al montaggio dei gruppi — impiegano il kanban per stabilire le quantità da produrre.

Il cartellino ed il programma delle sequenze non sono tuttavia adottati solo sulla linea di montaggio finale (carrozzeria e finitura), ma anche sulle altre linee di montaggio o per quei fornitori che producono dei gruppi di grandi dimensioni come motori, cambi, ecc.

La soluzione è conseguenza diretta del *sistema di prelievi in sequenza*. Il programma delle sequenze di molte varietà di gruppi finiti da prodursi sulle rispettive linee di montaggio può quindi in alcuni casi essere inviato anche a queste linee al fornitore in modo che la linea di montaggio finale possa ritirare questi gruppi nella stessa sequenza che costituisce il programma di montaggio dei veicoli finiti. A tutti gli altri reparti che producono pezzi, o agli altri fornitori, si mandano invece i kanban come informazione di produzione.

Il Kanban

Il kanban è un sistema di programmazione, controllo e regolazione del circolante estremamente semplificato. Il termine giapponese kanban significa, letteralmente, “registrazione visiva”, “documentazione visibile”, ed indica un cartellino, una scheda, che accompagna il singolo contenitore di materiali o parti. Il kanban non è necessariamente un cartellino fisico, in quanto può essere di tipo elettronico, oppure può essere rappresentato dal contenitore stesso.

Le informazioni contenute nel kanban si riferiscono a cosa produrre o movimentare e

sono, generalmente, la denominazione del pezzo cui si riferisce, il numero di disegno, la quantità, l'indicazione del prodotto a cui è destinato. I pezzi sono movimentati ed immagazzinati in contenitori standard; non è quindi possibile realizzare una quantità di prodotto diversa da quella associata al contenitore.

La prima regola del controllo kanban è che non si può produrre se non si ha a disposizione un cartellino di autorizzazione; i reparti a monte devono, perciò, produrre solo le parti che sono state consumate dalle fasi a valle anche con l'eventualità di lasciare fermo il centro di lavoro se la tabelliera dove vengono raccolti i kanban è vuota. Un'altra regola da rispettare scrupolosamente, strettamente legata alla precedente, impone che i reparti a valle possano approvvigionarsi da quelli a monte solamente dei pezzi che effettivamente servono, nella quantità necessaria ed al momento del consumo.

Se si rispettano queste due prime regole di comportamento, il sistema produttivo può essere pensato come un convogliatore ideale, che collega tra di loro le diverse fasi di lavorazione, facendo avanzare in maniera equilibrata la produzione. Infatti, anche nel caso in cui dovessero sorgere in un reparto dei problemi tali da bloccare l'intero flusso produttivo, l'equilibrio tra le diverse fasi, collegate tramite kanban, resta conservato. Allo scopo di ottenere tale risultato, oltre al rispetto delle regole fin qui ricordate, si devono anche garantire alcuni prerequisiti quali un opportuno layout, la standardizzazione dei cicli di lavorazione ed il livellamento della produzione su base giornaliera. Quest'ultimo punto è particolarmente importante; se non rispettato, infatti, può succedere che l'irregolarità nei prelievi da parte dei reparti a valle costringa i reparti a monte ad organizzarsi con elevati livelli di scorte interoperazionali per far fronte alle richieste, soprattutto in un sistema che opera con lotti di dimensioni ridotte. Si annullerebbe, quindi, uno dei principali vantaggi offerti dal sistema JIT e cioè quello di avere un livello ridotto di scorte.

I cartellini che circolano nel sistema sono direttamente proporzionali alla quantità di scorte interoperazionali; quindi l'obiettivo primario nel dimensionamento di un sistema JIT è la minimizzazione del numero di kanban presenti. Al fine di eliminare le scorte interoperazionali, è sufficiente togliere kanban dal sistema, in quanto i contenitori privi di cartellino non possono essere usati per gli scambi tra reparti. Pertanto, raggiunta una situazione di regime, il numero di cartellini nel sistema è

mantenuto costante anche a fronte di aumenti delle richieste medie giornaliere. Il kanban permette, quindi, una regolazione di precisione della produzione poiché, nell'ambito di una produzione livellata, permette di rispondere a piccole variazioni delle richieste, semplicemente producendo qualche pezzo in più rispetto a quelli previsti, senza bisogno di rischedulare le lavorazioni in tutte le stazioni come avviene in un sistema tradizionale di gestione della produzione di breve periodo.

La gestione dei materiali e, quindi, il flusso produttivo, viene regolato attraverso una logica "pull", nel senso che i materiali vengono "tirati" dalla domanda; il kanban cioè opera a ritroso, dai processi a valle verso i processi a monte, "tirando" i fabbisogni di produzione dal prodotto finito verso le materie prime. La produzione viene attivata dallo svuotamento di un contenitore, dal prelievo di materiali in esso contenuti e non da un piano prestabilito; in questo aspetto il sistema di controllo kanban è simile al sistema di controllo delle scorte basato sul punto di riordino, in cui la produzione o il rifornimento di componenti sono attivati dal raggiungimento di un certo livello di soglia.

Il sistema kanban è diverso da un sistema di controllo del tipo MRP, che è di tipo "push", in quanto i materiali vengono "spinti" sulla base di un piano prestabilito; nel caso dell'MRP gli ordini di produzione vengono lanciati in anticipo rispetto alla domanda, provvedendo a fare in modo che la data di consegna di un ordine di produzione coincida con il tempo di rilascio per un ordine di assemblaggio che usa quei componenti.

Nello stabilimento gestito con logica pull circola solo ciò che è strettamente necessario: non si produce, quindi, per il magazzino (intermedio o finale), ma per soddisfare una precisa richiesta del cliente a valle. In tal modo si evitano quegli accumuli di WIP che si generano nel sistema a gestione push quando le attività tra due stadi produttivi non sono ben coordinate. Può accadere, infatti, che i lead time siano sovrastimati dal sistema push e che, quindi, gli stadi a monte alimentino quelli a valle con un anticipo eccessivo rispetto ai tempi di assorbimento; oppure può verificarsi che uno stadio a monte continui a rifornire, in base al piano di produzione, un stadio a valle bloccato a seguito di una anomalia; in entrambi i casi si genererebbe un cospicuo accumulo di scorte intermedie.

Ciò non succederebbe in un sistema pull, in cui si produce solo per ripristinare il

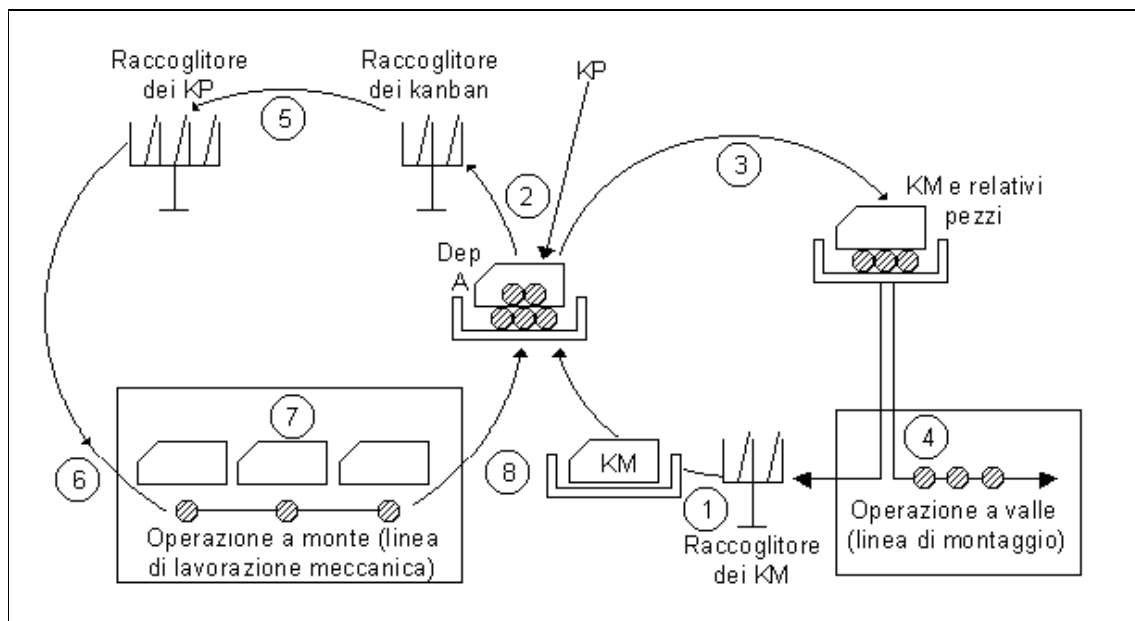
livello dei materiali effettivamente utilizzati. Tale sistema, tuttavia, è impiegabile solo nelle realtà produttive caratterizzate da lead time non eccessivamente elevati e da una domanda poco variabile nel tempo; in caso contrario sarebbe necessario mantenere alto il livello di WIP, o equivalentemente il numero di kanban, per assicurare un flusso ininterrotto di materiali.

Le due tipologie fondamentali di *cartellini* sono:

- Kanban di Produzione, KP: che specifica i codici e le quantità che il processo antecedente deve produrre, i materiali necessari alle lavorazioni e la loro ubicazione, nonché ove immagazzinare i prodotti di cui si richiede la realizzazione. Quindi, in sintesi, autorizza la produzione di un certo contenitore di prodotti.
- Kanban di Movimentazione (o Ritiro, o Prelievo), KM: che specifica gli articoli e le quantità che il processo a valle deve ritirare, e i magazzini di stoccaggio per ciascun processo. In sintesi, autorizza la movimentazione di un contenitore.

Per ciascun articolo il numero di pezzi fabbricati e movimentati è sempre costante ed uguale alla quantità contenuta in ciascun contenitore. Quando la produzione richiesta varia, un opportuno numero di contenitori viene aggiunto o sottratto, realizzando in questo modo un sistema di adattamento assai semplice. Il concetto di scorta di sicurezza è implicitamente tenuto in conto nel calcolo del numero di base di contenitori necessari, come vedremo in seguito. In ogni caso tale scorta non può eccedere per ogni prodotto il 10% del suo fabbisogno giornaliero, mentre nell'industria occidentale tale parametro raggiunge valori pari al fabbisogno produttivo di alcune settimane o addirittura di alcuni mesi.

Nella figura successiva è mostrato come si utilizzano il KP ed il KM.



Partendo dalla fase di lavoro a valle, le varie tappe dell'uso dei due kanban sono [5]:

1. L'incaricato del prelievo della fase di lavoro a valle si reca al deposito della fase a monte con il necessario numero di kanban e di pallet (contenitori) vuoti su un carrello a forza o su un camioncino. Egli si muove o quando si è accumulato nel luogo di raccolta dei kanban (cassetto o bacheca) un numero prefissato di KM o ad intervalli predeterminati.
2. Quando l'incaricato della fase di lavoro a valle preleva i pezzi presso il deposito A, egli stacca i KP che erano attaccati alle unità fisiche sui pallet (per ogni pallet si ha una sua scheda di kanban) e pone questi kanban nel luogo destinato a raccogliarli. Oltre a ciò, egli abbandona i pallet vuoti nel posto indicato dai colleghi della fase a monte.
3. Per ciascun KP che ha staccato, l'incaricato attacca al suo posto uno dei suoi KM. Nel momento in cui scambia i due tipi di kanban, egli confronta attentamente il KM con il KP per verificarne la coerenza.
4. Quando inizia il lavoro nella fase a valle, il KM deve essere posto nel luogo previsto per la raccolta.
5. Nella fase di lavorazione a monte, il KP deve essere prelevato dal relativo punto di raccolta ad un certo momento predeterminato o quando è stato prodotto un certo numero di pezzi e deve essere posto nel luogo di raccolta dei KP nella stessa sequenza in cui è stato staccato nel deposito A.

6. Si devono produrre i pezzi secondo la sequenza dei KP nel luogo di raccolta.
7. Il pezzo ed i relativi kanban devono muoversi appaiati durante la fase di lavorazione.
8. Quando i pezzi hanno superato questa fase di lavorazione, essi ed i relativi KP sono posti nel deposito A, affinché l'incaricato della fase a valle li possa prelevare quando è necessario.

Una catena siffatta di kanban deve esistere continuamente in molti processi di lavorazione a monte. Come risultato, ciascuna fase di lavoro riceverà il necessario tipo di pezzi nel momento e nella quantità giusta ed il principio del just in time è così realizzato in ogni fase.

Il sistema di controllo kanban è evidentemente un sistema di controllo autoregolante. Se ad esempio la domanda di un componente è inferiore a quella programmata, il sistema è in grado di adattarsi da solo alle variazioni intervenute. Infatti, nell'ipotesi citata, non saranno più autorizzati ordini di fabbricazione in numero superiore a quelli del numero di KP in circolazione.

Il sistema in questione può agevolmente "assorbire" perturbazioni che non eccedano il 10 – 20% dell'attività programmata.

Esso può essere proficuamente utilizzato anche per controllare gli ordini di approvvigionamento esterno. Quando entrambi gli utenti, il fornitore ed il cliente, usano il sistema kanban, il cartellino di ritiro serve come documento di autorizzazione all'emissione di un ordine da parte dell'acquirente e come documento di autorizzazione alla spedizione per il fornitore. Per contro il cartellino di produzione funge da ordine di fabbricazione per i centri di lavoro del fornitore.

Ci sembra opportuno ricapitolare a questo punto quelli che sono i principi fondamentali su cui si fonda la tecnica kanban e che sono rappresentati al meglio dalla cosiddetta "*Regola dei sei zero*". Tale regola deve chiaramente essere percepita come una tendenza ed ovviamente non come un valore assoluto; essa punta a:

1. **Zero difetti**: non è permesso a nessun pezzo difettoso di avanzare lungo il flusso produttivo, rischiando così di interrompere la continuità che è alla base del successo del kanban. In tal senso vanno applicate tutte le tecniche viste nel primo capitolo per individuare ed eliminare in tempo la tendenza al difetto;
2. **Zero panne**: operare in modo che il sistema si riveli altamente affidabile,

segnalando guasti e facendo autodiagnosi continua; è molto importante, quindi, sensibilizzare gli operai addetti a prevenire i guasti;

3. **Zero scorte**: attraverso l'utilizzo della tecnica kanban, della produzione a flusso e con la capacità di risposta rapida posseduta, si instaura una vera e propria lotta alle scorte, alla loro teorizzazione ed agli sprechi che esse rappresentano. Tale lotta è soprattutto un atteggiamento mentale instaurando il quale si tenta di distaccarsi da vecchie abitudini in contrasto con la nuova politica aziendale;
4. **Zero tempi di setup**: tale tendenza è alla base della filosofia JIT e della sua flessibilità; un'intera famiglia di prodotti deve poter passare attraverso tutta la linea senza provocare significativi setup. In tal modo si tende ad un lotto produttivo costituito da un solo pezzo;
5. **Zero carta**: viene infatti totalmente annullata tutta la programmazione intermedia, liberando dalla burocrazia tutto il processo. Non c'è bisogno di gestire un pesante flusso informativo, in quanto le informazioni si chiudono nello stesso luogo in cui nascono e cioè sulla linea;
6. **Zero addetti**: una volta che siano state ridotte le attività all'essenziale, risultano conseguentemente necessari meno addetti. Creando poi un flusso flessibile, affidabile, dove si collabora attivamente e si è fortemente motivati, si gettano le basi per quello che sarà il passaggio successivo: la robotizzazione.

Il numero appropriato di kanban

Realizzare un appropriato sistema di controllo kanban implica prima di tutto determinare il numero di cartellini (e quindi di contenitori) necessari. Abbiamo già visto che i kanban rappresentano il numero di contenitori di materiali utilizzati nei e tra i processi produttivi; ogni contenitore, a sua volta rappresenta il lotto minimo di produzione. Il numero di kanban, quindi, controlla direttamente l'ammontare di WIP nel sistema [6].

Vi sono varie tecniche per trovare il numero appropriato di kanban per un articolo. Tra le più semplici vi è la seguente che assume il tasso della domanda costante [7]. Indichiamo con:

D_i = domanda, o tasso di utilizzo, per l'articolo i

n_{mi} = numero di parti i contenute nel contenitore utilizzato per la movimentazione

n_{pi} = numero di parti i contenute nel contenitore utilizzato per la produzione

p_i = tempo di produzione di un numero di parti i contenute nel contenitore

m_i = tempo per trasportare un contenitore di parti i

FS = fattore di sicurezza.

Da notare che m_i include il tempo necessario per spostare un contenitore vuoto alla relativa stazione di produzione, riempirlo con parti già completate, e spostarlo alla successiva stazione della linea; p_i comprende anche il tempo di attesa in coda davanti alla stazione di lavoro.

Il numero appropriato di contenitori utilizzati per la movimentazione delle parti i , e quindi di KM, N_{KMi} , è l'intero ricavabile dalla formula:

$$N_{KMi} = \left\lceil \frac{D_i m_i (1 + FS)}{n_{mi}} \right\rceil$$

Analogamente, un numero appropriato di contenitori utilizzato per la produzione dei pezzi i , e quindi di KP, N_{KPi} , è l'intero ricavabile dalla formula:

$$N_{KPi} = \left\lceil \frac{D_i p_i (1 + FS)}{n_{pi}} \right\rceil$$

Per esempio, supponiamo che per una parte particolare il tasso d'utilizzo è 20 unità per ora, i contenitori utilizzati per la movimentazione possono contenere 30 unità, mentre quelli utilizzati per la produzione 40. Il tempo p_i necessario a produrre 40 unità è sei ore ed il tempo necessario per la movimentazione m_i è di due ore. Allora, considerando dapprima un caso deterministico, il numero ottimale di KM è $20(2)/30 = 1.33$, quindi $N_{KMi} = 2$, mentre il numero di KP è $20(6)/40 = 3$.

Se avessimo considerato in fattore di sicurezza pari a 0.25, valore abbastanza elevato, avremmo ricavato dalle precedenti formule $N_{KMi} = 2$, e $N_{KPi} = 4$.

In questo caso il massimo valore per le giacenze in questo stadio produttivo è $2(30) + 4(40) = 220$ unità.

Criteri di applicazione del JIT

L'introduzione della logica JIT all'interno di un'azienda, magari integrata con

strumenti di tipo MRP, non è semplice né tantomeno rapida, ma è un processo che può durare mesi, il cui esito può rivelarsi positivo solo se lo sforzo è continuo e coinvolge tutti i settori aziendali interessati.

Si presuppone, quindi, una visione strategica da parte dell'impresa e del proprio management, che considera determinante, per il proprio successo competitivo, la capacità di rispondere con prontezza, flessibilità e precisione alle mutevoli domande del cliente. Affinché l'applicazione del sistema JIT possa portare a risultati positivi è necessario che siano presenti alcune condizioni ambientali, necessarie al suo corretto svolgimento.

Prima di tutto è necessaria la stabilità del programma di produzione, il che implica che la produzione sia di tipo ripetitivo e che, quindi, l'MPS debba essere livellato e congelato per periodi di tempo sufficientemente lunghi.

Inoltre la produzione deve essere di tipo *mixed-model*⁵, il che richiede un MPS non troppo irregolare e tempi di setup particolarmente brevi; è necessario, dunque, abbandonare la produzione per grandi lotti e perseguire un livellamento della produzione. Produrre a grandi lotti è necessario qualora i tempi di setup siano rilevanti, mentre quando essi tendono ad essere praticamente nulli è possibile passare ad un tipo di produzione ripetitiva, caratterizzata ad esempio da un mix produttivo corrispondente ai fabbisogni orari. Si ottiene in tal modo la produzione *mixed-model*, caratterizzata dalla realizzazione virtualmente contemporanea di modelli di diverso tipo e, quindi, da lotti di produzione costituiti, al limite, dal pezzo singolo⁶.

È necessario inoltre che il layout all'interno dello stabilimento venga appositamente

⁵ La produzione *mixed-model* non va confusa con la produzione *multi-model*, associata a linee che, pur essendo capaci di produrre diversi modelli, possono richiedere operazioni di setup particolarmente dispendiose.

⁶ In base al programma di produzione mensile si esegue la stesura del piano di distribuzione della produzione giornaliera, che interessa due aspetti: la produzione media giornaliera di un prodotto e la quantità media di ciascuna variante di prodotto nel totale generale. Si supponga che in uno stabilimento ci siano delle linee di lavorazione che confluiscono in una linea di montaggio e che ognuna di tali linee deve produrre x unità del prodotto A in un mese. Ogni giorno devono essere realizzati $x/24$ unità, se 24 sono i giorni lavorativi in un mese. Nel caso in cui il prodotto A abbia delle varianti, il sistema di distribuzione giornaliera prevede che anche la quantità di ciascuna di queste varianti sia equilibrata nel corso di ogni giorno lavorativo: pertanto, invece di produrre per un turno una sola variante di A e nel turno successivo un'altra variante, si producono tutti i tipi di varianti durante ciascun turno. È questo il concetto di linea *mixed-model*, sulla quale si alternano in continuazione, secondo sequenze prestabilite, i vari modelli.

ridisegnato: le singole macchine, i reparti di lavorazione e montaggio, devono essere disposti in modo tale da assicurare la sequenzialità delle operazioni secondo una logica di produzione a flusso continuo piuttosto che discontinuo.

Il lotto economico di ordinazione previsto dal JIT ha una consistenza pari ad una unità; conseguentemente annullandosi le file di attesa dei prodotti, i livelli di giacenza tendono al minimo, si riducono i tempi di anticipo delle lavorazioni avendo così modo di adattare rapidamente la produzione alle variazioni di domanda. Al diminuire però del livello delle scorte i problemi aziendali vengono in primo piano ed in tal senso si è costretti inevitabilmente ad affrontarli e risolverli. Basandosi su tale principio ("Zero Stock") un qualsiasi incremento o costituzione di scorte di materie prime, semilavorati o prodotti finiti all'interno di un ciclo produttivo viene considerato alla stregua di un segnale di allarme rappresentativo di un cattivo funzionamento dello stesso.

Secondo il criterio JIT, il livello ammissibile di scorte presso ciascun centro di lavoro non deve mai superare il 10% della quantità di prodotto che quotidianamente viene lavorata presso di esso.

Tutto ciò non fa che focalizzare l'attenzione su una delle necessità fondamentali del criterio JIT e cioè il rifornimento continuo ed affidabile presso ciascun centro di lavoro. Senza tale premessa infatti tutta la procedura è inapplicabile.

I fornitori esterni devono impegnarsi ad operare, qualora si renda necessario, persino più consegne nello stesso giorno. Una tale disponibilità da parte dei fornitori risulta ovviamente ben poco attendibile nell'ambito di un sistema produttivo quale quello occidentale

Il criterio JIT non lascia inoltre spazio ad errori di programmazione o di fabbricazione. Non essendoci scorte di magazzino atte a far fronte a tali errori, la qualità del prodotto fabbricato deve essere assolutamente certa; non c'è margine di manovra disponibile per errori ovvero per eventi aleatori.

Alla luce di tali considerazioni l'attenzione del management è tutta focalizzata sulla qualità, sulla manutenzione preventiva e sulla fiducia e la collaborazione tra le diverse funzioni aziendali.

La formazione del personale

In Giappone la formazione del personale è considerata uno degli investimenti più importanti intrapresi da un'azienda. Basandosi sulla considerazione che risulta impossibile creare delle procedure in grado di prevedere tutte le situazioni possibili ed i relativi comportamenti da parte dell'operaio, essa cerca di creare una vera e propria cultura aziendale capace di mettere l'uomo in condizione di sviluppare ed estrinsecare delle capacità tali da permettergli di affrontare una qualsiasi situazione.

La semplicità delle attività utilizzate in sistemi gestiti a JIT e la tendenza a sviluppare le capacità generiche del singolo fanno sì che l'operatore, così come un artigiano, sia in grado di affrontare e risolvere tutti i problemi che gli si presentano, da solo o in collaborazione con i componenti del gruppo di lavoro cui appartiene.

Viene quindi favorita al massimo la collaborazione tra i componenti dello stesso gruppo; tra di essi deve esservi comprensione e senso del risultato; tutti devono essere capaci di effettuare tutte le operazioni richieste.

In tal modo viene a svilupparsi un elevato affiatamento tra gli operatori favorendo lo spirito di collaborazione. Tutta l'azienda lavora per soddisfare i fabbisogni dei propri clienti, ed ognuno deve contribuire a ciò nel migliore modo possibile. La consapevolezza di avere operato bene e di aver contribuito al successo globale, rende l'operaio soddisfatto e conscio di avere ben impiegato il proprio tempo.

L'azienda da parte sua sottolineerà con il proprio consenso tali manifestazioni, consapevole di quanto il favorire il colloquio tra gli operatori contribuisca a creare una fitta serie di contatti attraverso la quale i reciproci problemi vengono evidenziati, capiti, risolti.

II JIDOKA

L'estrema fiducia da parte dell'azienda nei confronti dei suoi dipendenti è la caratteristica essenziale che ha permesso ai giapponesi di attuare un sistema per il controllo di qualità che essi chiamano "*JIDOKA*". Tale termine tradotto significa: "ferma tutto quando qualcosa va storto", ed è proprio quanto avviene in realtà.

In effetti potrebbe parlarsi di controllo della qualità all'origine, ottenuto con l'individuazione dei problemi da parte del lavoratore che diventa l'ispettore di sé stesso, ed è direttamente responsabile della qualità dell'articolo o componente che produce.

A tal fine vengono installati sulla linea dei pulsanti JIDOKA che l'operaio è "obbligato" a premere se nota dei difetti nel pezzo che sta lavorando, se non riesce a stare al passo con la produzione, ecc. In tale evenienza tutta la linea è costretta a fermarsi, gli operai se ne allontanano e gli addetti alla manutenzione intervengono. Nel frattempo gli operai non devono rimanere inattivi, per cui ognuno di loro si occupa della manutenzione o pulizia della propria area di lavoro. In tal modo si riesce a non avere pezzi difettosi nella produzione di massa, ma si è chiaramente in aperto contrasto con la concezione occidentale estremamente contraria agli arresti indiscriminati di linea.

Tutto ciò rappresenta un'ulteriore differenza tra la gestione occidentale fortemente gerarchica e quella giapponese che si basa invece sul consenso e la partecipazione di tutti a tutti i livelli.

In sintesi gli aspetti del JIT si possono così riassumere:

Persone	Qualità	Tecniche	Integrazione
Coinvolgimento dei dipendenti <i>Total Employee Involvement</i>	Total Quality Management	Logica Pull	Cost Accounting: meno focalizzato sul WIP, sull'utilizzazione delle risorse e sull'allocazione dei sovraccosti
Circoli della Qualità, in cui i dipendenti sono responsabili del loro lavoro	Jidoka La qualità alla sorgente	Non produrre finché non strettamente necessario	Engineering: simultaneo, progettazione partecipativa, con obiettivo la semplificazione
Allargamento ed Arricchimento delle mansioni	Kaizen Il Miglioramento Continuo	Produzione Stockless & Riduzione del WIP	Relazioni con i clienti
Rotazione delle attività	<i>Controllo Statistico di Processo</i>	<i>Kanban</i> Il cartellino segnaletico della produzione	Relazione con i fornitori
		Tecnologie di Gruppo	

Conclusioni

Un progetto JIT è costituito, come si è visto, da una serie di iniziative le quali attraverso la semplificazione, la stabilizzazione e la sincronizzazione delle linee, tendono, con il coinvolgimento dell'intero sistema produttivo, al miglioramento del processo.

È opportuno notare però che il successo di un sistema di tipo JIT non risiede soltanto nell'attuare interventi particolari quali la riduzione dei tempi di setup, o il ridisegno del layout dello stabilimento, ma soprattutto nel perseguire iniziative valide nell'ingegneria del prodotto, nella qualità e nella manutenzione.

Il JIT prevede, in sintesi, un atteggiamento mentale da parte di tutte le funzioni aziendali, che tenda alla ricerca del flusso produttivo essenziale e che veda nelle scorte un segnale di irregolarità o di inefficienza. In tal modo ci si allontana radicalmente dall'orientamento classico che continua a guardare alle scorte come ad una fonte di sicurezza necessaria e dalla quale non si possa prescindere.

La filosofia JIT comporta quindi una diversa attenzione e responsabilizzazione da parte delle risorse umane dell'azienda le quali diventano artefici e al tempo stesso fruitici del miglioramento del processo.

In conclusione è utile sottolineare anche alcune debolezze del JIT [7]. Probabilmente l'aspetto su cui più di tutto si deve fare attenzione non è una vera e propria debolezza, piuttosto è la tendenza del management ad implementare il sistema laddove non è adatto. Ci sono molti esempi in cui il JIT è stato utilizzato per ridurre i tempi di setup, ridurre le scorte ed aumentare la qualità, ma questi esempi non sempre sono andati a buon fine in quanto bisogna tenere presente che questi sono i prerequisiti al JIT, non i risultati a cui sicuramente esso induce.

Dovrebbe essere chiaro che il JIT non è adeguato in sistemi job shop del tipo MTO, in cui la variabilità è alta e la domanda è estremamente non stazionaria.

La produzione non può essere bilanciata in quanto i colli di bottiglia si spostano continuamente; l'alto livello di variabilità comporta un alto livello di scorte poiché è molto difficile sapere quale scorte mantenere in giacenza quando la produzione è

MTO. Tutto ciò comporta che non può essere implementato un sistema di controllo di tipo kanban, prima di tutto perché è impossibile determinarne il numero adeguato, e poi perché comporterebbe il mantenimento a giacenza di WIP non necessario quando il corrispondente articolo non viene prodotto per molto tempo.

Il JIT è inappropriato anche nei processi produttivi continui in cui le varie fasi della produzione sono fortemente collegate l'una all'altra: non c'è bisogno infatti di kanban per regolare il flusso di materiali in quanto l'intero processo è assimilabile ad un'unica macchina.

Infine, siccome il JIT è un sistema pull di tipo reattivo, esso non è adeguato in quei contesti in cui la domanda varia ampiamente, ma può essere prevista con sufficiente precisione. Per esempio, Karmarkar (1989) ha fatto notare che un sistema reattivo è una scelta inappropriata per un McDonald posizionato nei pressi di uno stadio di football. Se la cucina non inizia a cucinare prima della fine della partita, quando arrivano i clienti per ordinare, i tempi di attesa si allungano enormemente. È sicuramente meglio “spingere” la produzione in accordo con la previsione fatta, cioè, è meglio iniziare a cucinare abbastanza prima della fine della partita in modo che la maggior parte dei clienti possa essere servita con le scorte.

Altre debolezze sono:

- ? Il JIT è estremamente vulnerabile alle chiusure dello stabilimento, alle fluttuazioni della domanda ed agli altri eventi imprevedibili, prima di tutto a causa del basso livello di scorte. Non ci sono modi per modificare la capacità in un determinato periodo di tempo (di solito da uno a sei mesi), eccetto che all'interno di limiti ristretti. Quando uno stabilimento chiude, per qualsiasi motivo, molti lavoratori dell'intera azienda rimangono inoperativi, come accadde, per esempio, nella primavera del 1996 quando uno stabilimento della GM che produceva freni iniziò uno sciopero che portò in due settimane alla chiusura di tutti gli stabilimenti della GM nel Nord America e di dozzine di stabilimenti di fornitori.
- ? Nel JIT l'introduzione frequente di nuovi prodotti è piuttosto difficoltosa per la necessità di introdurre cartellini kanban per tutte le parti ed i componenti nuovi.
- ? Consegne frequenti di piccoli lotti può causare congestioni delle strade, un fenomeno frequentemente osservato in città sovraffollate del Giappone.

? Molti autori hanno mostrato i miglioramenti ottenuti grazie al JIT in numerose aziende. Zipkin (1991) ha fatto però notare che molte di queste ricerche sono piuttosto scadenti in quanto imputano tutti i miglioramenti ottenuti unicamente al JIT. Non è stato invece distinto quanto è dovuto esclusivamente al JIT e quanto al consistente investimento di capitali.