

OPERAZIONI IN PRODUZIONE

Prof. Ing. Riccardo Melloni
Università degli Studi di Modena e Reggio Emilia

DEFINIZIONE DI PROCESSO PRODUTTIVO

- Sotto il profilo tecnologico:

- È un processo di natura o chimica che partendo da materie prime, attraverso l'utilizzo di macchinari, attrezzature, energia e forza lavoro, permette la realizzazione di parti o prodotti, con eventuale formazione di sfridi o scarti, attraverso variazioni di geometria, proprietà e/o aspetto. (è compreso in questo concetto l'assemblaggio di parti per la realizzazione di un assieme).

- Sotto il profilo economico:

- È un processo che permette di accrescere il valore iniziale di una materia prima fino al completamento di parti o prodotti.

INDUSTRIE DI PRODUZIONE

- **INDUSTRIE PRIMARIE:**

- Aziende od organizzazioni che coltivano o forniscono beni e/o servizi (agricoltura, estrazione, ...).

- **INDUSTRIE SECONDARIE:**

- Aziende od organizzazioni che convertono gli output delle aziende primarie o altre secondarie per realizzare prodotti finiti o servizi (aziende manifatturiere, produzione di energia,...). Si distinguono anche in industrie di processo o di produzioni discrete o per parti.

- **INDUSTRIE TERZIARIE:**

- Aziende od organizzazioni che forniscono servizi (banche, formazione, distribuzione, ...)

PRODOTTI

- **PRODOTTI DI CONSUMO:**

- Direttamente venduti ai consumatori e finalizzati al loro mero utilizzo.

- **PRODOTTI INTERMEDI:**

- Prodotti venduti ad altre organizzazioni aziendali come componenti necessari per la produzione di prodotti finiti o servizi (subfornitura).

- **BENI STRUMENTALI:**

- Prodotti venduti ad altre organizzazioni aziendali e funzionali alla realizzazione di altri prodotti o servizi (macchinari industriali, aerei da trasporto, ...).

INDUSTRIE DI PROCESSO O PER PARTI DISCRETE

- INDUSTRIE DI PROCESSO:

- Chimiche, alimentari, parafarmaceutiche, petrolchimiche,

- INDUSTRIE CHE REALIZZANO PARTI DISCRETE:

- Automobilistiche, information technology, aeronautiche, metalmeccaniche,

- TIPI DI PRODUZIONE:

- Produzione continua;

- Produzione per lotti.

OPERAZIONI IN PRODUZIONE

•OPERAZIONI DI PRODUZIONE E ASSEMBLAGGIO:

- Sono operazioni a valore aggiunto per il prodotto

- Operazioni di produzione

- Sono operazioni che trasformano le materie prime o i semilavorati da uno stato di completamento parziale ed un progressivo completamento, fino alla realizzazione del prodotto finito;

- Le operazioni possono portare a modifiche di forma, di proprietà e superficiali.

- Assemblaggio

- Permettono il completamento progressivo del prodotto attraverso unione permanente o provvisoria di semilavorati.

•TRASPORTO DI MATERIALI

- Operazioni di supporto a quelle a valore aggiunto.

•ISPEZIONI E COLLAUDO

- Operazioni necessarie a garantire un corretto andamento del ciclo produttivo.

•COORDINAMENTO E CONTROLLO

- Attività necessarie per rendere più efficiente il processo produttivo.

OPERAZIONI IN PRODUZIONE

- OPERAZIONI DI PRODUZIONE:

- Utilizzano energia sotto varie forme (meccanica, termica, elettrica e chimica) per completare le operazioni.
- Gli operatori possono essere necessari per la realizzazione delle operazioni di produzione ma solo per il controllo dei macchinari o per le operazioni di carico e scarico.

- TIPI DI OPERAZIONI DI PRODUZIONE

- Processi di solidificazione
- Sinterizzazione di polveri
- Processi di deformazione
- Processi di rimozione del materiale

- OPERAZIONI DI MIGLIORAMENTO DELLE CARATTERISTICHE DEL MATERIALE

- Trattamenti termici
- Sinterizzazione

OPERAZIONI IN PRODUZIONE

•OPERAZIONI DI PRODUZIONE:

- Utilizzano energia sotto varie forme (meccanica, termica, elettrica e chimica) per completare le operazioni.
- Gli operatori possono essere necessari per la realizzazione delle operazioni di produzione ma solo per il controllo dei macchinari o per le operazioni di carico e scarico.

–TIPI DI OPERAZIONI DI PRODUZIONE

- Operazioni di modifica di forma, applicando forze meccaniche o energia termica, quali i processi di solidificazione, sinterizzazione di polveri, processi di deformazione, rimozione del materiale.
- Miglioramento delle caratteristiche meccaniche o delle proprietà fisiche dei prodotti in lavorazione attraverso trattamenti termici e ancora la sinterizzazione di polveri metalliche o ceramiche
- Trattamenti superficiali quali la pulizia chimica e meccanica per rimuovere oli, sporco o contaminanti, trattamenti superficiali, ricoprimenti con film di materiali o verniciatura.

OPERAZIONI IN PRODUZIONE

•OPERAZIONI DI ASSEMBLAGGIO:

- Diverse parti vengono unite tra loro in modo permanente o con possibilità di smontaggio, per realizzare una nuova unità.
- Gli operatori sono spesso chiamati in causa per effettuare direttamente le operazioni di assemblaggio.

–TIPI DI ASSEMBLAGGIO

- Le operazioni di assemblaggio permanente possono avvenire con processi di saldatura, brasatura e incollaggio, che realizzano unioni difficilmente separabili.
- Metodi di serraggio meccanici con elementi filettati (viti, bulloni, ...) permettono di disaccoppiare facilmente le parti in giunzione.
- Metodi di serraggio meccanici che permettono unioni permanenti attraverso l'utilizzo di rivetti, chiodi ad espansione, ...

ALTRE OPERAZIONI

•MOVIMENTAZIONE E STOCCAGGIO DEI MATERIALI:

- Gran parte del tempo, in cui i materiali in lavorazione passano negli impianti di produzione, è per attività di movimentazione e stoccaggio.
- Alcuni studi hanno portato in evidenza che circa il 95% del tempo è speso per movimentazione e attesa.
- Del 5% di tempo rimanente, solo il 30% è speso per attività produttive mentre il restante 70% è occupato da attività di carico e scarico, posizionamento delle parti in lavorazione, posizionamento degli utensili.

•ISPEZIONI E TEST

- Sono attività che vengono svolte lungo la linea per verificare la corrispondenza delle parti in lavorazione con gli standard richiesti;
- I test fanno riferimento a controlli funzionali e vengono normalmente effettuati sul prodotto finito.

•COORDINAMENTO E CONTROLLO

- Sono attività gestionali per verificare l'efficacia delle attività produttive.

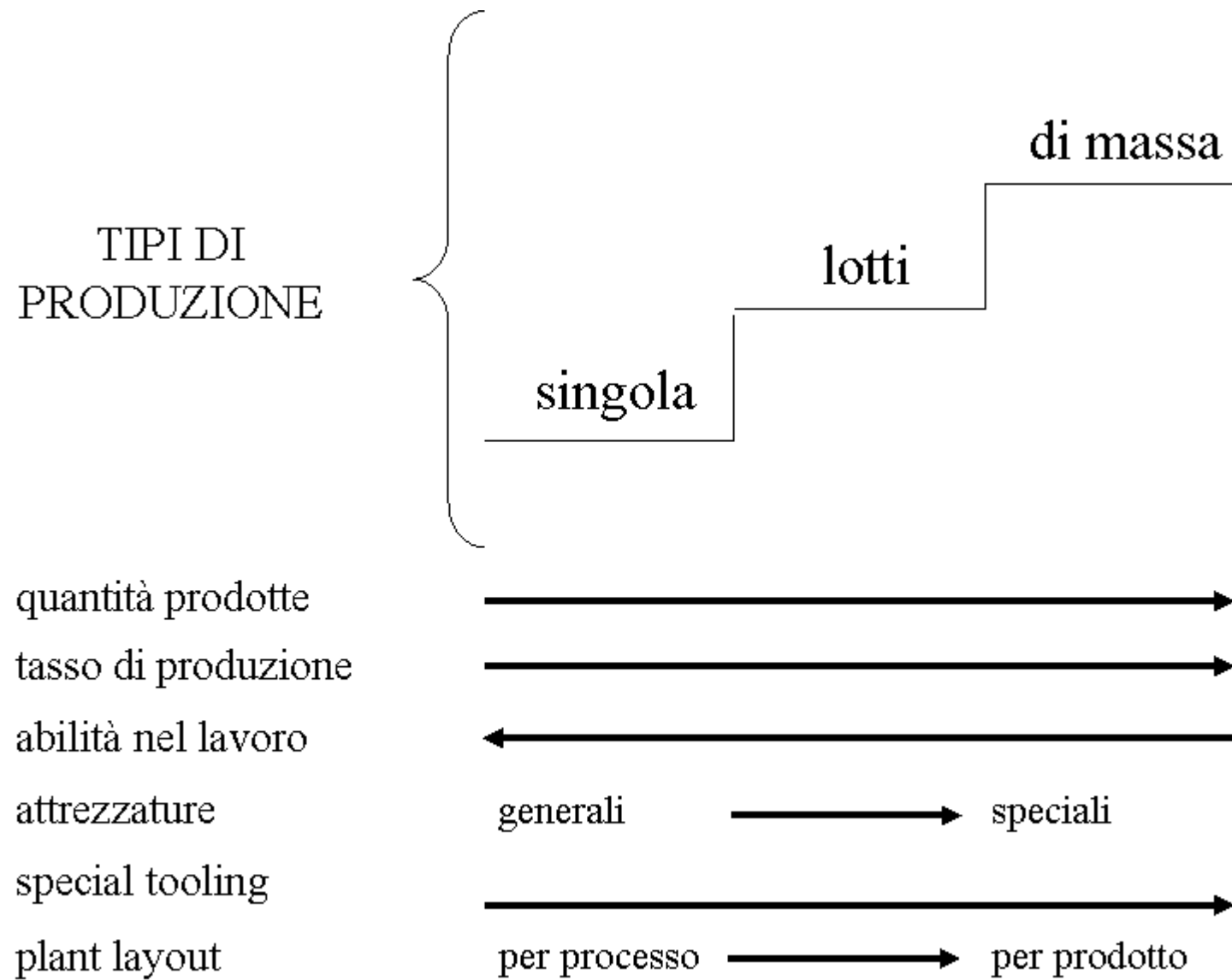
IMPIANTI DI PRODUZIONE

- Uno dei più importanti fattori che determina il tipo di produzione è il tipo di prodotto che deve essere realizzato.
- Con particolare riferimento alle produzioni per parti vi sono due aspetti di rilievo per le decisioni di come organizzare il sistema produttivo
 - Quantità di prodotti realizzati che fa riferimento alla totalità di prodotti realizzati in un anno senza distinguere tra i diversi prodotti
 - bassa produzione tra 1 e 100 unità/anno
 - Media produzione tra 100 e 10000 unità/anno
 - Alta produzione oltre 10000 unità/anno
 - Varietà di prodotti realizzati che fa riferimento ai diversi tipi o modelli di prodotti realizzati
 - Varietà significative quando i prodotti differiscono tra loro in modo sostanziale, con poche parti comuni (hard production variety)
 - Variazioni leggere quando i prodotti differiscono per poche parti (soft production variety)

IMPIANTI DI PRODUZIONE

- Bassa produzione 1-100 unità/anno
 - La produzione è organizzata in job shop
 - Layout a postazione fissa
 - Layout per processo
- Produzione media
 - Si differenzia il tipo di layout in base alla varietà di prodotti
 - Layout per processo nel caso di hard variety
 - Layout a celle nel caso di soft variety
- Produzione alta
 - Si differenzia il tipo di layout in base al numero di operazioni necessarie
 - Layout per processo nel caso di singoli prodotti realizzati su singoli macchinari
 - Layout in linea (flow line production) per singoli modelli e per modelli vari

TIPI DI PRODUZIONE



Relazione tra prodotto e produzione

- Esistono alcuni parametri di prodotto che influenzano come il prodotto viene realizzato
 - Quantità di produzione
 - La quantità di prodotti che vengono realizzati in un anno - Q
 - Varietà di prodotti
 - La quantità di prodotti diversi che vengono realizzati nell'impianto – P (si può distinguere tra hard e soft variety)
 - Complessità dei prodotti
 - Normalmente è misurata nel numero di parti componenti diverse presenti nel prodotto
 - Complessità delle parti componenti
 - Viene espressa dal numero di operazioni necessarie per realizzare un componente

QUANTITÀ E VARIETÀ

- Indichiamo con P le varietà di prodotto

$$Q_f = \sum_{J=1}^P Q_J$$

- È opportuno distinguere tra hard e soft variety

$$P = \sum_{J=1}^{P_1} P_{2,J}$$

- Dove si è indicato con P_1 il numero di varietà di prodotti e con P_2 il numero di varietà di modelli

COMPLESSITÀ

- Per prodotti che vengono assemblati la complessità è definita principalmente dal numero di componenti che lo costituiscono

$$n_{pf} = \sum_{J=1}^P Q_J \cdot n_{pj}$$

- Per prodotti che vengono realizzati internamente

$$n_{of} = \sum_{J=1}^P Q_J \cdot \sum_{k=1}^{n_{pj}} n_{oj,k}$$

Limiti e possibilità in produzione

- Le possibilità di un impianto di produzione sono legate ad aspetti tecnologici e limitazioni fisiche degli impianti

–Risorse tecnologiche

- Disponibilità di tecnologie negli impianti di produzione
- Decisioni di realizzare o terziarizzare le attività produttive

–Vincoli fisici dei prodotti

- Dimensioni e peso dei prodotti influenzano i mezzi di trasporto che sono necessari e la taglia dei macchinari

–Capacità produttiva

- È la massima quantità di produzione che è possibile realizzare in un impianto in un determinato periodo e in certe condizioni operative
- Il periodo di riferimento è scelto in modo che si possa considerare la variazione delle condizioni operative che fanno riferimento alle scelte di utilizzo nel tempo della tecnologia

Lean production

- Modalità di gestione della produzione orientata a ridurre gli sprechi
- Si privilegiano le attività a valore aggiunto cercando di rendere più efficienti le attività ausiliarie ed eliminando le attività non necessarie
- Programmi associati alla lean
 - Jit nella consegna delle parti
 - Coinvolgimento del personale
 - Miglioramento continuo
 - Riduzione del tempo di setup
 - Blocco della produzione nel caso di malfunzionamenti
 - Prevenzione degli errori
 - TPM

AUTOMAZIONE IN PRODUZIONE

- DIPENDE DAL PRODOTTO CHE SI DEVE REALIZZARE.
- SI DISTINGUONO I LAY OUT E L'ORGANIZZAZIONE DEL LAVORO IN BASE AL TIPO ED ALLA NUMEROSITÀ DEI PRODOTTI DA REALIZZARE
- LA SCELTA VIENE EFFETTUATA FRA MAGGIORE O MINORE LIVELLO DI AUTOMAZIONE.
- TIPI DI AUTOMAZIONE:
 - AUTOMAZIONE FISSA;
 - AUTOMAZIONE PROGRAMMABILE;
 - AUTOMAZIONE FLESSIBILE.

SCELTA DELLA TECNOLOGIA

AUTOMAZIONE FISSA:

sistemi nei quali la sequenza delle operazioni di fabbricazione od assemblaggio è determinata dalla configurazione dei macchinari.

CARATTERIZZATA DA:

- ELEVATI INVESTIMENTI IN ATTREZZATURE DEDICATE;
- ELEVATI TASSI DI PRODUZIONE;
- POCO FLESSIBILE RISPETTO AI MUTAMENTI DEL PRODOTTO;
- ADATTA PER PRODUZIONI DI MASSA

SCELTA DELLA TECNOLOGIA

AUTOMAZIONE PROGRAMMABILE:

sistemi nei quali i macchinari possono essere programmati per ottenere configurazioni diverse di prodotto.

CARATTERIZZATA DA:

- INVESTIMENTI ELEVATI IN ATTREZZATURE GENERALI;
- RIDOTTI TASSI DI PRODUZIONE RISPETTO AGLI IMPIANTI AD AUTOMAZIONE FISSA;
- FLESSIBILITÀ RISPETTO AL CAMBIAMENTO DI CONFIGURAZIONE DI PRODOTTO;
- ADATTI PER PRODUZIONE A LOTTI.

SCELTA DELLA TECNOLOGIA

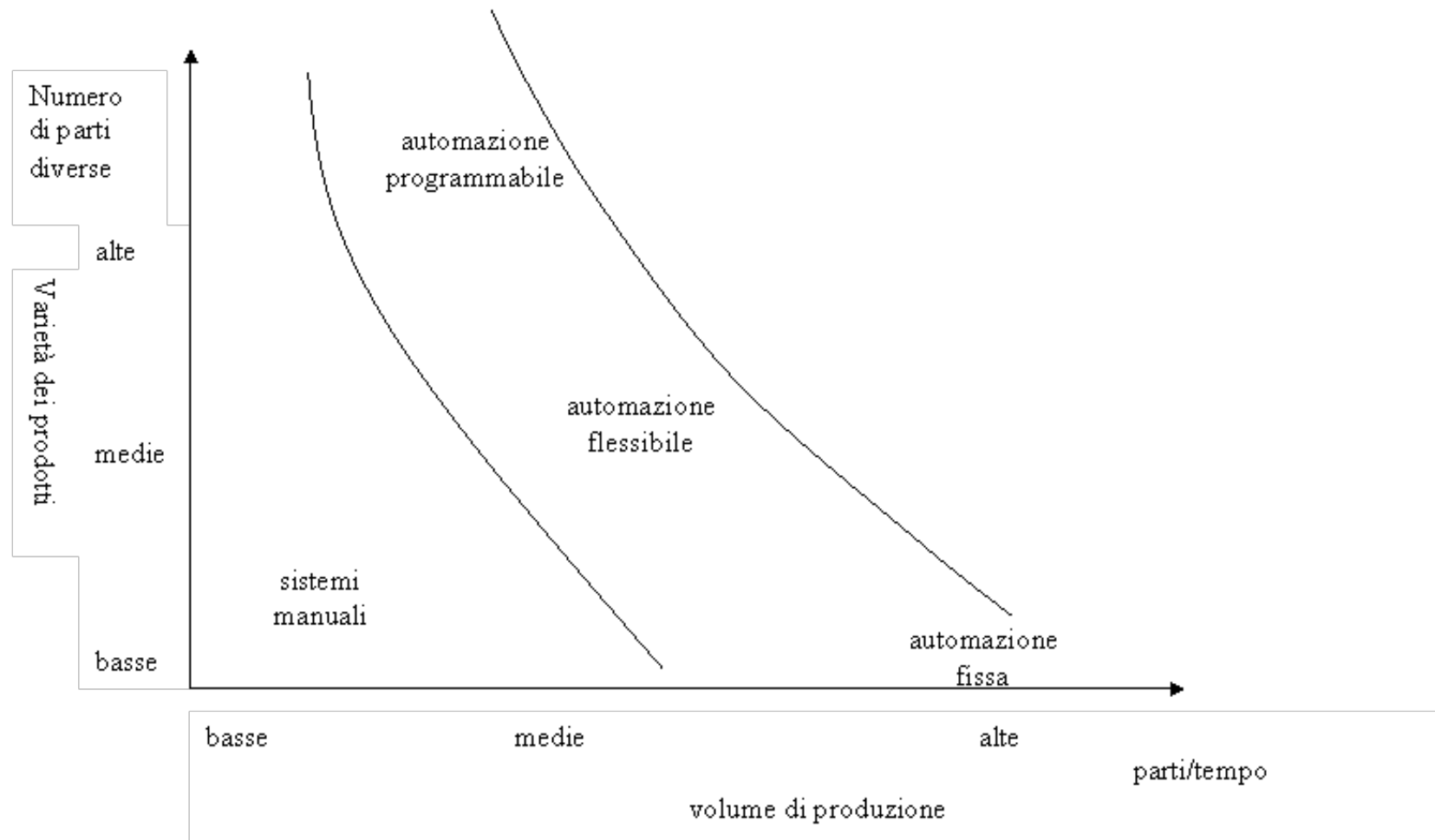
AUTOMAZIONE FLESSIBILE:

sistemi nei quali possono essere realizzati vari prodotti o parti differenti con ridotti tempi di set up (teoreticamente tendenti zero).

CARATTERIZZATA DA:

- INVESTIMENTI ELEVATI IN SISTEMI CUSTOMIZZATI;
- PRODUZIONE CONTINUA DI MIX VARIABILI DI PRODOTTO;
- MEDIO TASSO DI PRODUZIONE;
- ELEVATA FLESSIBILITÀ.

SCELTA DELLA TECNOLOGIA



MOTIVI A FAVORE DELL' AUTOMAZIONE

- AUMENTO DI PRODUTTIVITÀ
- ELEVATO COSTO DELLA MANODOPERA
- TENDENZA ALLA RICERCA DI IMPIEGO NEL SETTORE DEI SERVIZI
- SICUREZZA
- COSTI MATERIE PRIME
- MIGLIORAMENTO QUALITÀ DEI PRODOTTI
- RIDUZIONE LEAD TIME DI PRODUZIONE
- RIDUZIONE SCORTE DI PRODUZIONE (WIP)

MOTIVI CONTRO L' AUTOMAZIONE

- **RIDUZIONE DELLE ABILITÀ DEGLI OPERATORI**
- **RIDUZIONE DELLA FORZA LAVORO**
- **RIDUZIONE DEL POTERE DI ACQUISTO**

- Cadenza produttiva

- Con riferimento ad una singola operazione di produzione o di assemblaggio è normalmente espressa in unità per ora;
- L'espressione varia in base al tipo di produzione cui si fa riferimento (produzione a lotti, job shop, produzione di massa);
- Il punto di partenza è il tempo ciclo che, in riferimento ad una singola operazione esprime il tempo necessario per la sua realizzazione;

$$T_c = T_o + T_h + T_{th} \left[\frac{\text{min}}{\text{unità}} \right]$$

- T_o = tempo macchina
- T_h = tempo di movimentazione delle parti
- T_{th} = tempo di movimentazione degli utensili

Produzione a lotti e job shop

Il tempo complessivo per produrre un lotto di dimensione Q su una macchina tiene conto sia del tempo ciclo che del tempo di setup

$$T_b = T_{su} + Q \cdot T_c [\text{min}]$$

Il tempo medio per la realizzazione di un'unità del lotto è quindi:

$$T_p = \frac{T_b}{Q} [\text{min} / \text{unità}]$$

La cadenza media di produzione risulta essere:

$$R_p = \frac{60}{T_p} [\text{unità} / \text{h}]$$

Produzione a lotti e job shop

- Caso di produzione di scarto con tasso di scarto pari a q_s :

$$T_b = T_{su} + \frac{Q \cdot T_c}{1 - q_s} [\text{min}]$$

- Caso di produzione unitaria:

$$T_p = T_{su} + T_c \left[\frac{\text{min}}{\text{unità}} \right]$$

Produzione di massa

- Caso di produzione in un ciclo tecnologicamente obbligato, che possa essere ritenuta come macchina singola, il rapporto tra il tempo di setup e la dimensione del lotto tende a zero:

$$R_p \rightarrow R_c = \frac{60}{T_c} \left[\frac{\text{unità}}{h} \right]$$

- Il caso si complica per produzione di massa in linee di produzione :

$$T_c = T_r + \text{Max} [T_o] [\text{min}]$$

$$R_c = \frac{60}{T_c} \left[\frac{\text{unità}}{h} \right]$$

LEAD TIME DI PRODUZIONE:

tempo che intercorre dal momento in cui il prodotto comincia la prima operazione al momento in cui termina l'ultima operazione ed esce dal sistema produttivo

$$T_{LTP} = \sum_{i=1}^{n_{oj}} (T_{suj,i} + Q_j \cdot T_{cji} + T_{noji})$$

n_{oj} = numero di differenti operazioni nel processo produttivo

T_{su} = tempo di set up

Q = dimensioni del lotto

T_{cji} = tempo ciclo per l'operazione i

T_{no} = tempo per attività non operative (trasporti, attese, ispezioni...)

Se per semplicità si fissano uguali tutti i tempi relativi alle 3 operazioni, si ha:

$$T_{LTP} = n_o (T_{su} + Q \cdot T_c + T_{no})$$

Caso di produzione job shop dove Q è pari a 1:

$$T_{LTP} = n_o (T_{su} + T_c + T_{no})$$

Caso di produzione di massa in produzione a flusso:

$$T_{LTP} = n (T_r + \text{Max}[T_o]) = n \cdot T_c$$

CAPACITÀ PRODUTTIVA

$$C_p = \frac{MS_w H_s R_p}{n_o}$$

M = numero dei centri di lavoro

S_w = turni a settimana

H_s = ore per turno

n_o = numero di operazioni necessarie

PRODUTTIVITÀ RICHIESTA D_w

$$MS_w H_s = \frac{D_w n_o}{R_p}$$

È possibile individuare tre leve per andare incontro alla produttività richiesta.

In generale è:

$$MS_w H_s = \sum_{i=1}^{n_p} \frac{D_{wi} n_{oi}}{R_{Pi}}$$

n_p = numero dei prodotti
differenti

COEFFICIENTE DI UTILIZZAZIONE

$$U = \frac{\text{OUTPUT}}{C_p}$$

DISPONIBILITÀ

$$D = \frac{\text{MTBF}}{\text{MTBF} + \text{MTTR}}$$

WORK IN PROCESS (WIP)

$$WIP = \frac{C_p \cdot U}{S_w \cdot H_s} \cdot T_{LTP}$$

Rappresenta il numero di parti in lavorazione mediamente presenti nel processo produttivo.