

LINEE DI MONTAGGIO MANUALE MULTIPRODOTTO

Bilanciamento e sequenziamento
delle linee multi-model;
bilanciamento e sequenziamento delle
linee mixed-model.

POSSIBILI SOLUZIONI IN PRESENZA DI NUMEROSE VARIANTI

- ⇒ 1) Linee dedicate:
- scarsa flessibilità;
 - ridotti problemi gestionali.

POSSIBILI SOLUZIONI IN PRESENZA DI NUMEROSE VARIANTI

- ⇒ 2) Linee multi-model:
- in ogni istante si monta *un solo modello*;
 - necessità di un opportuno dimensionamento e sequenziamento dei lotti;
 - tempo di ciclo e numero di stazioni dipendenti dal modello da assemblare;
 - elevate scorte di prodotto finito.

POSSIBILI SOLUZIONI IN PRESENZA DI NUMEROSE VARIANTI

- ⇒ 3) Linee mixed-model:
- in ciascun istante vi sono contemporaneamente prodotti differenti in linea;
 - il trasferimento sarà continuo, o vincolato (non a cadenza).

POSSIBILI SOLUZIONI IN PRESENZA DI NUMEROSE VARIANTI

- ⇒ 3) Linee mixed-model:
- possibilità di seguire fedelmente la domanda;
 - necessità di ridurre i tempi di setup;
 - necessità di un opportuno sequenziamento dei modelli da assemblare;
 - difficile gestione dei flussi di componenti;
 - difficile gestione di stazioni in parallelo.

BILANCIAMENTO DELLE LINEE MULTI-MODEL

- ⇒ Ci si può ricondurre al problema del bilanciamento nel caso monoprodotto in quanto, a parte i transitori, la linea produce un solo modello per volta.

BILANCIAMENTO DELLE LINEE MULTI-MODEL

- ⇒ 1) Calcolo del numero delle stazioni n :

$$n = \left\lceil \frac{\sum_j \sum_{i \in S_j} T_{ij}}{H \cdot SAT} \right\rceil$$

dove:

- Q_j = domanda complessiva annua;
- S_j = insieme di operazioni da eseguire per assemblare una unità di tipo j ;
- T_{ij} = tempo medio di esecuzione;
- H = tempo di funzionamento della linea (ore/anno);
- SAT = massimo grado di saturazione degli operatori.

BILANCIAMENTO DELLE LINEE MULTI-MODEL

- ⇒ 2) Calcolo del tempo di ciclo relativo al modello di tipo j :

$$TC_j = \frac{\sum_{i \in S_j} T_{ij}}{n \cdot SAT}$$

BILANCIAMENTO DELLE LINEE MULTI-MODEL

- ⇒ 3) Bilanciamento della linea, per ogni modello di tipo j , basandosi sui tempi di ciclo TC_j calcolati al punto 2 e utilizzando un algoritmo per il bilanciamento delle linee monoprodotto.
- ⇒ 4) Aggiustamento dei bilanciamenti ottenuti. Dopo l'aggiustamento occorre verificare che:

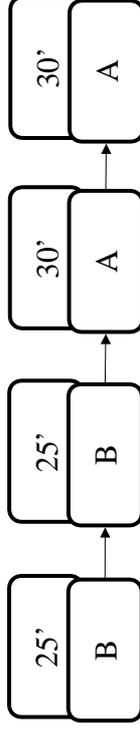
$$\sum_j Q_j \cdot TC_j \leq H$$

SEQUENZIAMENTO DELLE LINEE MULTI-MODEL

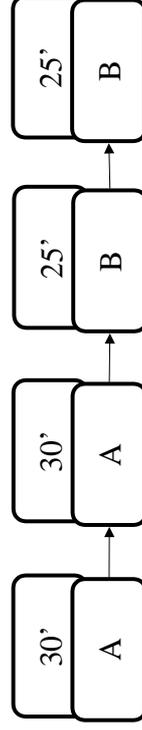
- ⇒ Obiettivi:
- riduzione del tempo di setup;
 - riduzione della perdita di capacità produttiva per "effetto collo di bottiglia".

SEQUENZIAMENTO DELLE LINEE MULTI-MODEL

⇒ Esempio di "effetto collo di bottiglia":



⇒ Esempio di "fuga in avanti":



SEQUENZIAMENTO DELLE LINEE MULTI-MODEL

⇒ Perdita di capacità produttiva per effetto collo di bottiglia:

$$\Delta CP = \frac{\Delta TC \cdot (n-1)}{2 \cdot TC_{\min}}$$

dove

- ΔTC = differenza tempo di ciclo tra 2 modelli in sequenza;
- TC_{\min} = tempo di ciclo più basso tra i 2 modelli;
- n = numero di stazioni sulla linea.

BILANCIAMENTO DELLE LINEE MIXED-MODEL

⇒ Obiettivi:

- minimizzazione del numero di stazioni;
- minimizzazione degli incompleti;
- bilanciamento interno di ogni stazione;
- bilanciamento esterno.

BILANCIAMENTO INTERNO DI OGNI STAZIONE

⇒ Definizione: assegnazione delle operazioni di assemblaggio alle stazioni con l'obiettivo di rendere uniforme il carico di lavoro di ciascuna di esse, al variare del modello da assemblare.

BILANCIAMENTO INTERNO DI OGNI STAZIONE

⇒ Funzione obiettivo:

$$\min BI = \sum_{k=1}^{ST} \sqrt{\frac{\sum_{j=1}^M (t_{jk} - \sum_{w=1}^M t_{wk} \cdot \alpha_w)^2}{\sum_{j=1}^M t_{jk} \cdot \alpha_j}}$$

BILANCIAMENTO INTERNO DI OGNI STAZIONE

⇒ k = indice delle stazioni;
⇒ ST = numero di stazioni;
⇒ j, w = indici dei modelli;
⇒ M = numero di modelli diversi;
⇒ t_{jk} = tempo di esecuzione complessivo delle operazioni del modello j assegnate alla stazione k ;
⇒ α_j = frazione di produzione dedicata al modello j
($\alpha_j = Q_j/Q$).

BILANCIAMENTO LUNGO LA LINEA

⇒ Definizione: assegnazione delle operazioni alle stazioni in modo che il carico di lavoro (per il mix produttivo in esame) sia uniforme su tutte le stazioni.

BILANCIAMENTO LUNGO LA LINEA

⇒ Il carico medio di lavoro della stazione k è

dato da:

$$TM_k = \sum_{j=1}^M \alpha_j \cdot t_{jk}$$

⇒ Il tempo residuo complessivo su tutta la linea è dato da:

$$ST \cdot TC - \sum_{k=1}^{ST} TM_k$$

- ST = numero di stazioni;
- TC = tempo di ciclo.

BILANCIAMENTO LUNGO LA LINEA

⇒ Funzione obiettivo:

$$\min BL = \sqrt{\sum_{k=1}^{ST} \left(TM_k - \sum_{y=1}^{ST} \left(\frac{TM_y}{ST} \right) \right)^2}$$

SEQUENZIAMENTO DELLE LINEE MIXED-MODEL

⇒ Obiettivi:

- terminare le operazioni di assemblaggio quanto prima, in ciascuna stazione (linee a trasferimento continuo);
- mantenere una velocità costante nell'utilizzo delle parti.

Nelle linee mixed-model bilanciamento e sequenziamento sono fortemente integrati.