



# نام درس :

مونتاز مکانیکی

نام استاد:

جناب دکتر حاله

بهار 85

## پیش نیاز : روشهای تولید 2

نحوه ارزیابی :

الف - کوئیز و تمرین 15%

7 نمره

ب - میان ترم 30%

13 نمره

ج - پایان ترم 55%

## مراجع:

- Fondamentals of Modern Manufaeturing , By: M. P. G Roover
- Automatic Assembly , By . G. Boothroyd , C. Poli , L. E . Murch
- Computer Control of Manufaeturing Systems , By: Y. Koren
- Automation , Production Systems , and CIM By: M. P. GROOVER

• جزوه کلاسي:

- الف – کلیات
- ب – تاریخچه مونتاژ قطعات تولیدی
- ج – روشهای مختلف مونتاژ
- د – سیستم های انتقال قطعات در خط مونتاژ
- هـ – تغذیه کننده های ارتعاشی، کاسه ای و رفت و برگشتی
- و – مکانیزم انتقال قطعات در تغذیه کننده ها
- ز – دستگاههای جهت دهنده به قطعات مونتاژی و مکانیزم آنها
- ح – خطوط تغذیه و مکانیزم قرار دادن قطعات در خط
- ط – نحوه کارکرد ماشین های مونتاژ و مسائل اقتصادی مربوطه
- ی – طراحی مکانیزمهای مونتاژ

## الف – کلیات: اتوماسیون و دلایل فراگیری مونتاژ مکانیکی

- اکثر کارخانجات ایران از درجه اتوماسیون نسبتاً پائینی برخوردارند.
- منظور از اتوماسیون، یک کارخانه بزرگ برای تولید یک قطعه مشخص نیست.
- بلکه اتوماسیون محدوده بسیار وسیعی دارد و یک تکنولوژی پیوسته است.

«تماما نیازمند دانش در خصوص روشهاي توليد و مونتاژ مي باشند»

-طراحي و اصلاح چگونگي جريان مواد و قطعات

(ورودي و خروجي هر ماشين)

- طراحي و اصلاح خطوط تغذيه و مونتاژ

- طراحي استقرار ماشين آلات مختلف توليدي

- برنامه ريزي فرآيندهاي توليد **Process Planning**

**Group teehnology** - طبقه بندي قطعات براي توليد

-طراحی سلولهای ساخت و تولید

-ایجاد ارتباط بین "طراحی" و "ساخت" **CAD / CAM**

- طراحی و استقرار سیستم های پیشرفته تولیدی  
**FMS / CIM / CIMS**

در بین کارخانجات اتوماتیک در صد زیادی از آنها عملیات ذیل را مکانیزه کرده اند:

الف - مونتاژ    ب - ساخت    ج - حمل و نقل    د - بسته بندی    ه - تست



## تعاریف اتوماسیون:

**الف** – اتوماسیون عبارتست از هنر کاربرد مکانیکی در ورود قطعات به ماشین و خروج آنها از ماشین (تغذیه و تخلیه)، دور زدن و حرکت قطعات بین عملیات (انتقال قطعات)، انتقال دادن ضایعات و انجام این کارها در زمانی برابر با زمان کار ماشین آلات، بنحوی که بتوان تمام یا قسمتی از خط تولید را توسط دکمه ای از ایستگاهی کنترل کرد.

ب- اتوماسیون یعنی اتوماتیک کردن وسایل نسبت به سابق.

ج - اتوماسیون هم به عملیات اتوماتیک و هم بر فرآیند تولید قطعات دلالت می کند. این تعریف شامل فعالیتهای صنعتی نظیر طرح محصول و روش تولید و تئوری ارتباطات و کنترل ماشین آلات نیز می شود.

د- اتوماسیون عبارت از يك تکنولوژی برای انجام و کنترل تولید است که کاربرد مکانیک، صنایع، الکترونیک و کامپیوتر سر و کار دارد. این تکنولوژی شامل:

- 1- ماشین ابزارهای اتوماتیک برای انجام فرآیند روی قطعات.
- 2- ماشین های مونتاژ اتوماتیک.
- 3- ربات های صنعتی.
- 4- سیستم های اتوماتیک حمل و نقل و ذخیره سازی.
- 5- سیستم های اتوماتیک بازرسی و کنترل کیفیت.

6- کنترل باز خودرو کامپیوتری فرآیند.

7- سیستم های کامپیوتری برابر برنامه ریزی، جمع آوری داده ها و  
تصمیم گیری برای پشتیبانی فعالیت های ساخت و تولید، می باشد.

## درجات اتوماسیون:

**الف – تولید بصورت سفارشی: حداقل مقدار تولید و قیمت تمام شده بالا**

1- حمل و نقل مجزای هر قطعه

2- روش تولید خاص هر محصول

3- مونتاژ دستی قطعات

**ب- تولید کارگاهی: حجم تولی نسبتاً کم و قیمت تمام شده بالا**

1- حمل و نقل مجزای هر قطعه

2- تولید گروهی

3- ماشینهای نیمه اتوماتیک

4- مونتاژ دستی قطعات

**ج - تولید بصورت پیشرفته: حجم تولید متوسط و قیمت تمام شده متوسط**

1- حمل و نقل دستی قطعات و محصولات

2- بعضی از ماشین ها اتوماتیک و بعضی نیمه اتوماتیک

3- خط تولید منظم در بعضی قسمتها

4- مونتاژ دستی قطعات

د- تولید نیمه اتوماتیک با بکارگیری نقاله ها: حجم تولید زیاد و قیمت تمام شده کم

1- حمل و نقل بین ماشین آلات با نقاله ها

2- بیشتر ماشین ها اتوماتیک هستند

3- خط تولید بسیار منظم و با برنامه

4- مونتاژ دستی قطعات



## هـ – تولید تمام اتوماتیک: حجم تولید حداکثر و حداقل قیمت تولید

1- حمل و نقل اتوماتیک

2- خط تولید اتوماتیک

3- کنترل اتوماتیک

4- مونتاژ مکانیکی و اتوماتیک

5- جریان مواد کاملاً پیوسته

## انواع اتوماسیون:

**الف – اتوماسیون ثابت:** سیستمی که در آن ترتیب عملیات تولیدی یا مونتاژ با توجه به ساختار تجهیزات، ثابت است. این عملیات معمولاً ساده هستند.

1- سرمایه گذاری بالا برای تجهیزات

2- نرخ تولید بالا

3- عدم انعطاف پذیری در تغییرات محصول

**(a)** خطوط مونتاژ مکانیکی از سال 1913 محصول با نقاله های مکانیکی حرکت می کند ولی عملیات ولی در ایستگاهها بصورت دستی انجام می شود.

**(b)** خطوط انتقال ماشینی از سال 1924

## ب – اتوماسیون قابل برنامه ریزی:

تجهیزات تولیدی سوری طراحی می شوند که قابلیت تغییر توالی عملیات تولید را بر اساس انواع مختلف محصولات داشته باشند.

- 1- کنترل توالی عملیات توسط یک برنامه کامپیوتری
- 2- برنامه ریزی تجهیزات تولیدی برای تولید محصولات جدید
- 3- سرمایه گذاری بالا در تجهیزات تولیدی چند منظوره
- 4- نرخ تولید پائین تر نسبت به اتوماسیون ثابت

- 5- انعطاف پذيري نسبت به تغييرات محصول
- 6- مناسب ترين نوع اتوماسيون براي توليد دسته اي.
- 7- تغيير راه اندازي فيزيكي ماشين آلات (ابزار، finture و...)  
چند مثال:
  - a) ماشين ابزارهاي كنترل عددي (از سال 1952 به بعد)
  - b) رباتهاي صنعتي (از سال 1961)

## ج - اتوماسیون انعطاف پذیری:

سیستمی که قابلیت تولید انواع محصولات یا قطعات را بدون تلف کردن زمان برای تغییر سیستم داراست. از این سیستم اتلاف زمان برای برنامه ریزی مجدد و راه اندازی فیزیکی سیستم وجود ندارد.

- 1- تولید ترکیبات مختلف محصول
- 2- تولید محصول با زمانبندی مختلف
- 3- سرمایه گذاری بالا برای سیستم
- 4- پیوستگی در تولید محصولات مختلف ترکیبی
- 5- نرخ تولید متوسط

6- انعطاف پذيري در متغيرهاي طراحي محصول

7- تغييرات برنامه هالي قطعي با آماده سازي برنامه ها بصورت off – line در يك سيستم كامپيوتري و انتقال الكترونيكي برنامه ها به سيستم توليدي.

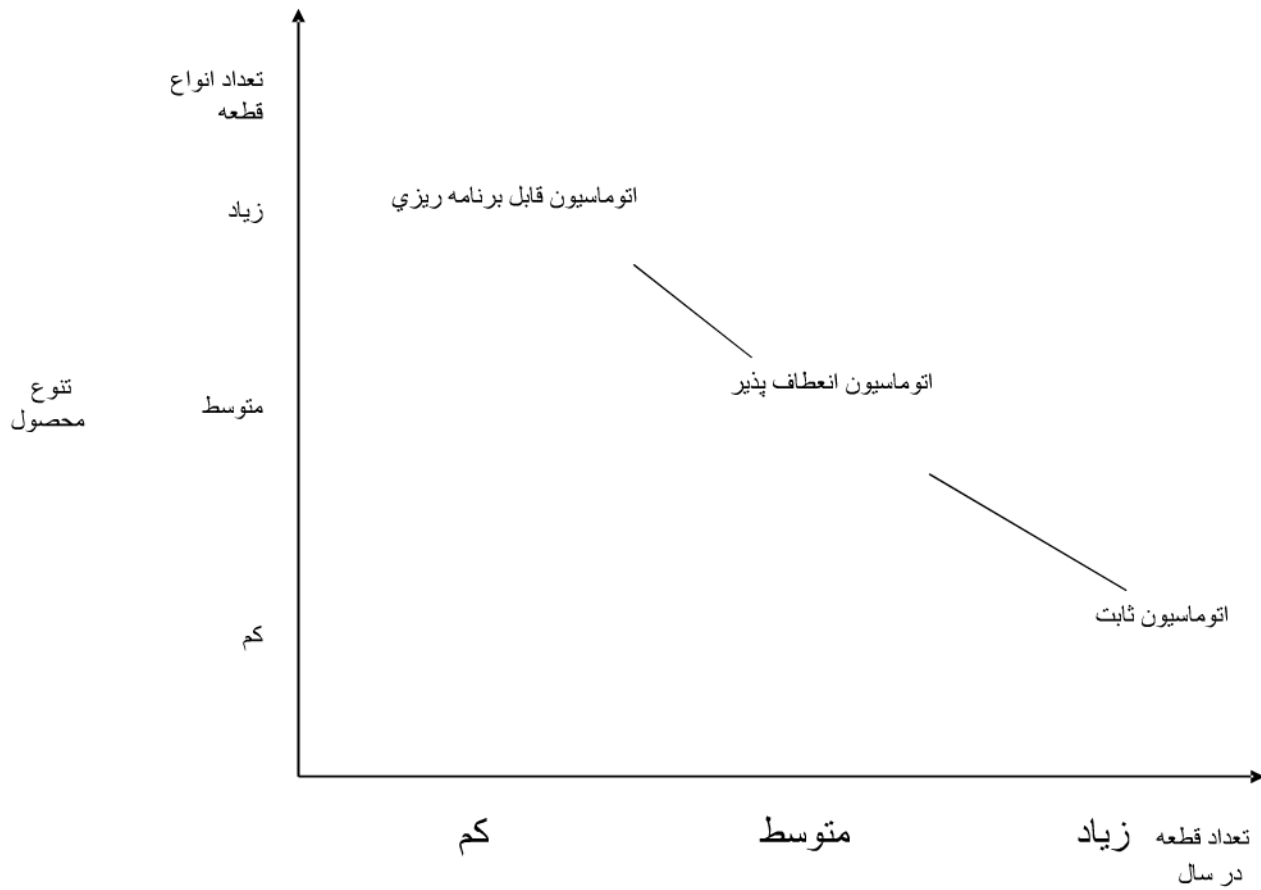
8- راه اندازي فيزيكي سيستم بين دو محصول بصورت off – line (فيكسچر هاي يالتي)

9- تنوع قطعات توليدي کمتر نسبت به اتوماسيون قابل برنامه ريزي.

چند مثال:

**(a)** سيستم هاي ساخت انعطاف پذير (FMS) حدود 1960

# وضعیت سه نوع اتوماسیون:



حجم تولید



- الف - افزایش ظرفیت تولید
  - ب - کاهش هزینه های مستقیم کارگری و قیمت محصول
  - ج - بهبود کیفیت محصولات
  - د - بهبود شرایط کاری و ایمنی کار
  - ه - عملیات بهتر (کاهش ضایعات، فضا و زمان)
  - ح - فرصت های شغلی جدید
  - و - جبران کمبود نیروی انسانی کارگر در بعضی از کشورها
  - ز - تمایل انسانها به کارهای خدماتی:
- از آمریکا:

سال 1986 20% افراد برای ساخت و تولید  
سال 1947 30% افراد برای ساخت و تولید  
در حال حاضر حدود 2% افراد برای ساخت و تولید

## انگیزه حرکت بسوي اتوماسيون:

- الف – رقابت با سازندگان ديگر
- ب – زياد بودن هزينه ها، ضايعات و زمان
- ج – كسب وجهه ملي و بين المللي
- د – افزايش بهره وري
- هـ هزينه بالاي مواد خام
- و – کاهش زمان تحويل ساخت:
- ز – کاهش انبار قطعات نيم ساخته
- ح – كليدي براي کاهش ساعت كار (اواخر قرن 19، 70 ساعت در حال حاضر 40 ساعت) و بالا بردن سطح استاندارد زندگي (افزايش حقوق بدون بهره وري باعث تورم است).

## معایب اتوماسیون (نظرات)

- الف - هزینه بالای طراحی و نصب
- ب - مشکلات نصب و نگهداری
- ج - غیر قابل انعطاف بودن حجم تولید
- د - مشکلات مدیران در ارزیابی پروژه های اتوماسیون ه - مشکلات کار کردن با يك تکنولوژی پیچیده
- و - ریسک متروک شدن وسایل
- ز - مشکلات پیش بینی فروش
- ح - نقض حقوق بشر با جایگزینی او با ماشین (کاهش سطح کار)
- ط - افزایش بیکاری
- ي - کاهش قدرت خرید مردم بواسطه بیکاری

## ویژگیهای اتوماسیون

- الف – مواد اولیه بصورت اتوماتیک وارد کارگاهها می شوند.
- ب – پیش از ختم انجام عملیات لازم بر روی قطعه، به آن اجازه خروج داده نمی شود.
- ج – کالای نیمه ساخته انبار نشده و بطور اتوماتیک و بدون تأخیر به قسمت بعدی منتقل می شود.
- د – بعد از انجام هر عملیات، قطعه بطور اتوماتیک بازرسی می شود.
- هـ – در صورت خروج قطعات از حد کیفیت، ماشین یا عملیات بصورت اتوماتیک تصحیح می شوند.
- و – در صورت خروج خط تولید از کنترل، دستگاههایی توسط علائم ویژه مسئولان را با خبر می سازند.

ز - خط تولید ساده تر و کوتاهتر است چون ماشین آلات عملیات مختلف را انجام می دهند.

ح - کنترل عملیات بصورت الکتریکی می باشد.

ط - تمام عملیات مونتاژ، تکمیل و بسته بندی اتوماتیک هستند.

ی - تولید محصول بهینه با قیمت پائین تر (تلویزیون، دوربین، کامپیوتر...)

### اتوماسیون به کمک ابزار تولید (کار مهندسين صنايع)

الف - تغذیه اتوماتیک      ب- بازوی بارگذاری ماشین ها

ج - بالا بر، جرثقیل، آسانسور      د - قیف ارتعاشی، استوانه

ای      ه- تغذیه کننده ای که توزین هم می کند      و -

نیروی جاذبه زمین      ز - بازوی انتقال دهنده      ح - نقاله  
زنجیری، تسمه ای

ط - سطح شیب دار، مارپیچ

30      ی - وسایل چرخش

## سیستم های تولیدی اتوماتیک

### الف - CIM - Computer Integrated Manufacturing

- 1- ساخت و تولید یکپارچه با کامپیوتر
- 2- کاربرد مؤثر کامپیوتر در طراحی محصول، برنامه تولید، کنترل عملیات تولیدی و سایر توابع مرتبط با تولید

### ب - CAD - Computer Aided Design

- 1 - طراحی به کمک کامپیوتر

1- ساخت به کمک کامپیوتر

د- Flexible Manufacturing System FMS

1- سیستم های ساخت و تولید انعطاف پذیر

ه- Com In Flem Manufacturing System – CIFMS

1- سیستم های ساخت و تولید انعطاف پذیر یکپارچه با کامپیوتر

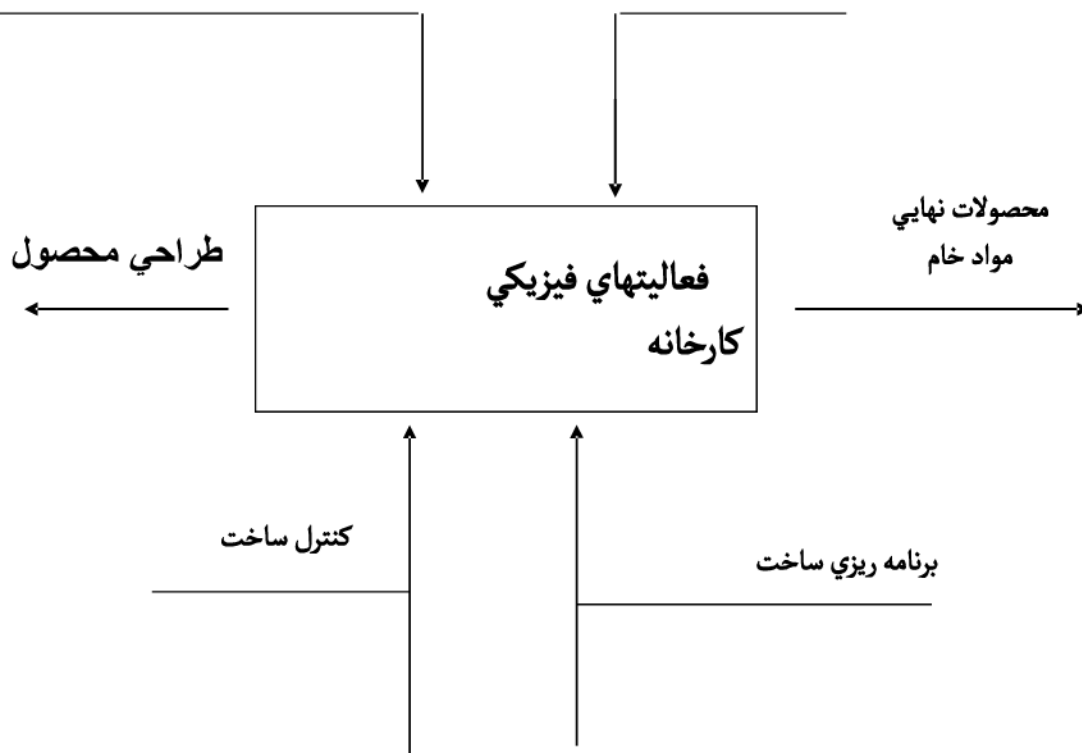
ح – NC Numerical Control (کنترل عددی)

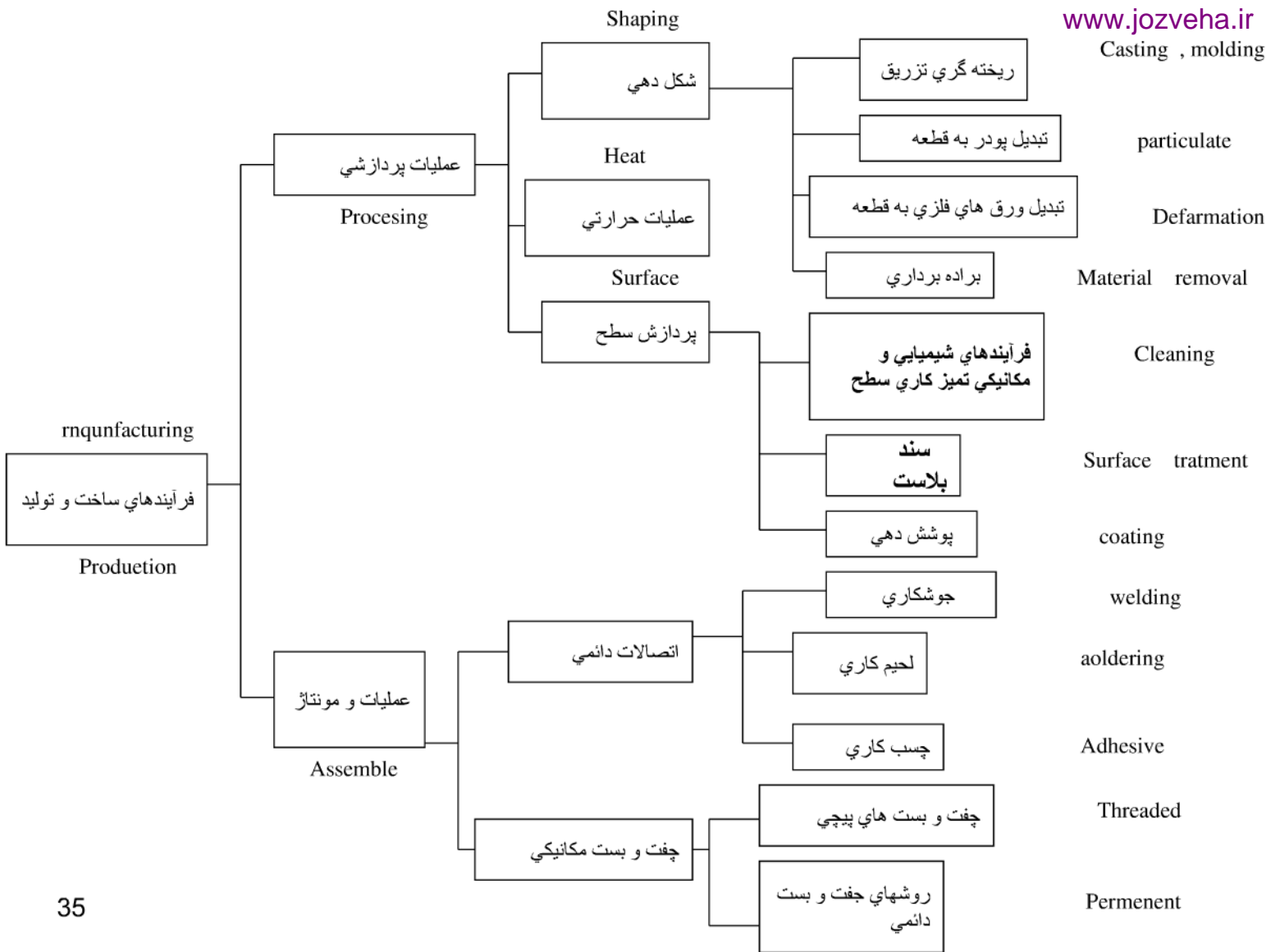
## رابطه بین اتوماسیون و CIM

- اتوماسیون با فعالیت های فیزیکی ساخت و تولید، مونتاژ، حمل و نقل و بازرسی سر و کار دارد ولی
- CIM با توابع پردازش اطلاعات سر و کار دارد که این توابع برای پشتیبانی عملیات تولیدی مورد نیاز هستند.
- CIM با اتوماسیون فعالیت های پردازش اطلاعات در ساخت سر و کار دارد.



فعاليتهاي تجاري (بازاريابي ، فروش ،  
سفارشات ، حسابرسي و ... غيره)





## تعريف فرآيند مونتاژ:

عبارتست از اتصال 2 يا چند قطعه مجزا براي ساخت يك قطعه يا محصول جديد.

فرآيندهاي اصلي در مونتاژ:

- 1- چفت و بست مكانيكي Fastening
- 2- روشهاي اتصال Joining Methods
- 3- اتصال چسبي Adhesive bonding

- **چفت و بست هاي مكانيكي:** شامل تنوع زيادي از فنون است كه يك عمليات مكانيكي براي اتصال و نگهداري چند قطعه با هم را بكار مي برند. اين فنون عبارتند از:

**الف – چفت و بست هاي پيچي (Threaded fasteners):**  
اين چفت و بست ها عبارتند از: پيچ ها، مهره ها، blot ها و غيره.

كاربرد بسيار متداول در صنعت

جدا پذيري قطعه مونتاژ شده (د مونتاژ بواسطه عمليات نگهداري، تطبيق و...)

براحتي بوسيله كار كردن قابل استفاده هستند ولي براي ربات ها و سيستم هاي اتوماتيك مشكل ترند.

ب - میخ و پرچ (rivets)، چین دادن (Crimping) و دیگر روش ها: چفت و بست یا یکی از اجزای مونتاژ شده بصورت مکانیکی تغییر شکل می دهد تا بقیه قطعات را متصل به هم نگهدارد.

### ج- اتصال فشاری (Press fits):

در این روش مونتاژ يك قطعه میانی و متصل کننده در بین دو قطعه قرار می گیرد. برای مثال اتصال دو قطعه از طریق شفت. برای اتصال دو قطعه، شفت باید با فشار زیاد در سوراخهای دو قطعه پرس شود.

این نوع اتصال بسادگی قابل دمونتاژ یا تجزیه نیست.

## د- اتصال گیره ای (Snap fits):

استفاده از يك واسطه موقت براي اتصال دو قطعه. يك يا هر دو قطعه بطور لاستيكي تحت فشار تغيير شكل مي دهند. اين اتصال از جدا شدن دو قطعه در طي مونتاژ جلوگیری مي کند. رینگ های C شکل، رینگ های گیره ای (خار) و نگهدارنده ها (retainer).

## ه- بخیه زدن و دوختن:

جهت مونتاژ مواد نازک و نرم مانند پارچه، لباس، چرم و پلاستیک های نازک انعطاف پذیر.

## 2- روشهاي اتصال:

### جوشكاري، لحيم كاري و brazing

در اين فرآيندها جهت تركيب حرارتي و دو يا چند قطعه باهم از فلز گداخته استفاده مي شود.

جوشكاري شامل انواع مختلفي است كه در تمام آنها گداختگي در اجزاء فلزي كه قرار است متصل شوند رخ مي دهد.

در بعضي از عمليات جوشكاري، جهت تسريح در عمل اتصال، از فلز، "پر كننده" استفاده مي شود.

## انواع فرآیندهای جوشکاری

1- جوشکاری مقاومتی

2- جوشکاری قوسی

3- جوشکاری اصطکاکی

4- جوشکاری پرتو لیزری

5- جوشکاری پرتو الکترونی



در لحیم کاری و brazing از يك فلز "پرکننده" جهت اتصال در دو قطعه استفاده می شود که این فلز پرکننده گداخته و مذاب می شود ولی قطعاتی که باید متصل شوند گداخته نمی شوند. A.

تفاوت brazing و لحیم کاری برحسب نقطه ذوب فلز پرکننده تعریف می شود:

نقطه ذوب فلز پرکننده  $< 450^{0c}$  ← Brazing

نقطه ذوب فلز پرکننده  $> 450^{0c}$  ← لحیم کاری

از آنجائیکه در brazing و لحیم کاری ترکیب حرارتی بین دو قطعه متصل شده رخ نمی دهد، این فرآیندها به محکمی عملیات جوشکاری نیستند.

کاربرد ساده ولی در درجه حرارت بالا قابلیت دوام کمتری دارند.

### 3- اتصالات چسبی:

استفاده از يك ماده چسبی جهت اتصال اجزاء یا قطعات به همدیگر.

#### - ترموپلاستیک (termoplastic) :

کاربرد ساده ولی در درجه حرارت بالا قابلیت دوام کمتری دارند.

## 2- ترموستینگ (thermosetting) : [www.jozveha.ir](http://www.jozveha.ir)

کاربرد این چسب ها همراه با يك عكس العمل شیمیایی است که بوسیله يك سفت کننده شیمیایی یا حرارت انجام می گیرد. (مانند اپکسی

(eponies

پیچیده تر از ترموپلاستیک ها هستند.

قوی تر و قابلیت دوام بیشتر در درجه حرارت های بالا

## سیستم های مونتاژ

- 1- مونتاژ دستی تک ایستگاهی single – station
- 2- خط مونتاژ دستی Manual assembly line
- 3- سیستم مونتاژ اتوماتیک Autionated Assembly

### 1- مونتاژ دستی تک ایستگاهی single – station

در يك ایستگاه یا محل کار، مونتاژ یا چند زیر مونتاژ اصلي روي قطعه یا محصول انجام مي شود. براي محصولات پیچیده و یا محصولاتی که در تعداد کم و حتي يك نمونه ساخته مي شوند. يك یا چند کارگر در محل کار که بستگی به اندازه محصول و نرخ تولید دارد

محصولات سفارش از قبیل ماشین ابزارها، تجهیزات صنعتی، هواپیما، کشتی، مدل‌های نمونه از محصولات پیچیده و بزرگ (اتومبیل، اسباب خاص).

## 2- خط مونتاژ دستی Manual assembly line

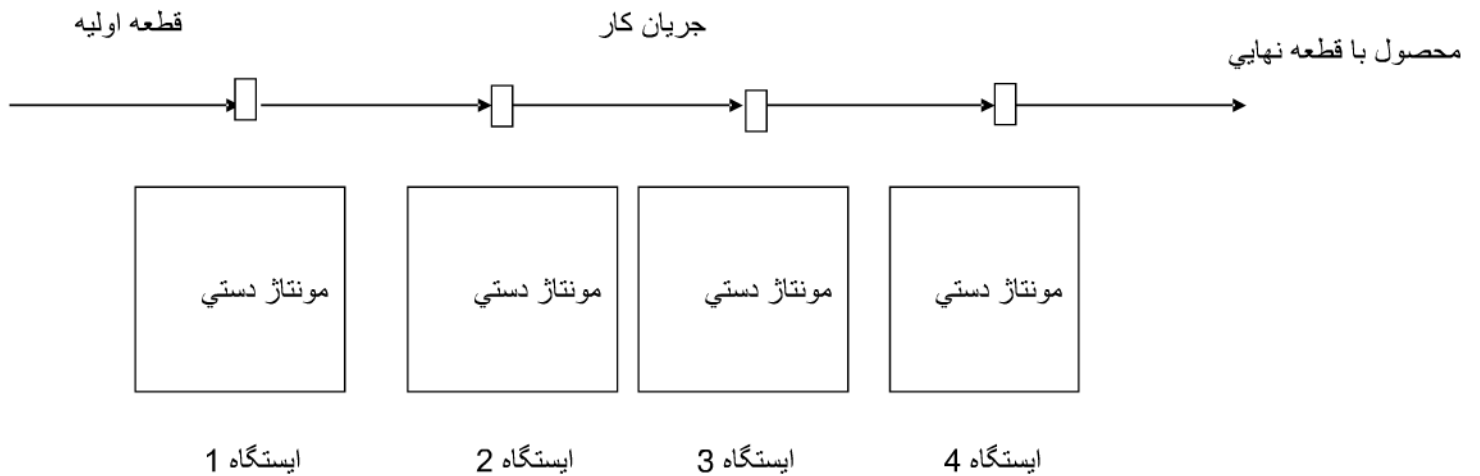
شامل چندین ایستگاه کاری است که کار مونتاژ یا زیر مونتاژ روی قطعات یا محصول در طی چند ایستگاه در خط انجام می‌گیرد. در هر ایستگاه يك یا چند کارگر قسمتی از مونتاژ کل را انجام می‌دهند.

اضافه کردن یا مونتاژ يك یا چند قطعه در ایستگاه به قطعه یا محصول حاصل از ایستگاه قبل.

### 3- سیستم مونتاژ اتوماتیک Automated Assembly

از روشهای اتوماتیک بیشتر از نیروی انسانی در ایستگاهها استفاده می شود.  
خطوط مونتاژ دستی:

اجزاء که در هر ایستگاه اضافه می شوند.



خط مونتاژ دستی برای تولیدات با نرخ بالا کار مونتاژ قابلیت تقسیم به عناصر کاری با وظائف کوچکتر را دارد، استفاده می شود. حرفه ای کردن و متخصص کردن کارگر سریعتر و پیوسته انجام دادن کار چون کار تکراری و محدود است. انتقال قطعات بین ایستگاههای کاری (زیر مونتاژها روی خط)

**1- خطوط غیر مکانیکی:** از هیچ تسمه یا نقاله استفاده نمی شود بلکه از دست برای انتقال قطعات با زیر مونتازها استفاده می شود.

**معایب:**

- انتظار در ایستگاه بواسطه کندی کار در ایستگاه قبل
- اشباع شدن در ایستگاه بواسطه کندی کار در ایستگاه بعد
- جریان غیر یکنواخت زیر مونتازها
- زمان سیکل مونتاز متفاوت
- استفاده از انبارهای میانی



**2- خطوط انتقال نقاله ای:** استفاده از يك انتقال دهنده متحرك (تسمه متحرك، نقاله، زنجير در سطح، زنجير نقاله و...) جهت حرك زير مونتاژها بين ايستگاههای کاری. سیستم انتقال قطعات مي تواند پيوسته، متناوب (همزمان) يا غير همزمان باشد

### **معایب انتقال پيوسته:**

- انتظار در ايستگا بواسطه کندي در ايستگاه قبل
- مونتاژ ناقص قطعات بدليل ورود قطعه بعدي به ايستگاه
- استفاده از انبارهاي ميانی
- تداخل ايستگاههاي کاری بواسطه حرکت کار که در ايستگاه براي اتمام کار خود.

در خطوط انتقال نقاله ای امکان کنترل نرخ تولید خط وجود دارد:  
معکوس فاصله زمانی بین دو قطعه کار که روی خط انتقال قرار  
می گیرند.

$$f_p = \text{نرخ تغذیه}$$

نرخ تغذیه برحسب واحد کاری است و وابسته به دو عامل است.  
سرعت حرکت نقاله  $V_c$  (متر بر ثانیه)

اصله بین دو قطعه روی نقاله  $S_p$  (متر بر واحد کاری)

$$\text{نرخ تغذيه} = f_p = \frac{v_c}{S_p} = \frac{\text{سرعت نقاله}}{\text{فاصله بين دو قطعه روي نقاله}}$$

براي کنترل نرخ تغذيه يا  $f_p$  بايد قطعات کاري اوليه يا خام در فواصل زماني معيني به خط تغذيه شوند.

برحسب جريان يا نرخ تغذيه قطعات در خط، کارگر يك پريود زماني معيني را براي شروع کار روي قطعه دارد که در غير اينصورت قطعه از ايستگاه عبور مي کند.

این پریود زمانی را  $T_t$  می نامیم که بر حسب سرعت نقاله  $V_c$  و طول ایستگاه کاری  $L_s$  تعیین می شود.

$$T_t = \frac{L_s}{V_c}$$

**مثال:** اگر نرخ تولید مورد علاقه 60 واحد در ساعت باشد. نرخ تغذیه باید 1 قطعه در دقیقه باشد.

- این نرخ تغذیه را می توان با  $v_c = 0.5 \text{ m/s}$  و  $s_p = 0.5$  متر بدست آورد.

- البته با ترکیبات دیگری هم می توان  $f_p = 1$  ایجاد کرد.

- اگر طول ایستگاه کاری زام  $5/1$  متر باشد.  $L_s = 1.5 \text{ m}$

زمان تولرانس در دسترس هر کارگر برای اتمام کار خود در ایستگاه = دقیقه

$$T_t = \frac{1.5}{0.5} = 3$$

## تنوع مدل:

در هر دو خطوط انتقال مکانیکی و غیر مکانیکی متخصص کار به ایستگاهها طوری که زمانهای مونتاژ تقریباً مساوی باشد مورد تمایل است.

این امر بعضاً پیچیده است مخصوصاً در حالتی که یک خط چند محصول استفاده می شود.

بنابراین با توجه به تنوع محصول مونتاژی روی خطوط 3 نوع مدل مطرح می شود.

1- خط تک مدلي (single – model): توليد يك محصول خاص – نرخ تقاضا زياد براي محصول

2- خط چند مدلي (Batch – model): - توليد دو يا چند محصول  
- توليد دسته اي هر محصول  
- شباهت توالي عمليات مونتاژ

تعداد توليد بسيار بالا

3- خط مدل ترکيبي (Mixed – model): - توليد دو يا چند محصول  
- توليد همزمان و ترکيبي مدلهاي مختلف محصولات  
- خطوط مونتاژ کاميون و اتومبيل

تعداد بسيار کم

هر سه مدل در هر دو خط جریان دستی و جریان اتوماتیک قابل استفاده هستند.

توجیه در مدل آخر برای جریان دستی بواسطه انعطاف پذیر بیشتر است. البته توسعه قابلیت های برنامه ریزی ماشین آلات توجیه جریان اتوماتیک برای مدل های ترکیبی را نیز امکان پذیر می سازد.

بالانس خط در حالت تک مدلی نسبتاً ساده تر است. در حالت چند مدلی مشکل تر و در حالت مدل ترکیبی، کاملاً پیچیده می شود.



- عبارتست از تخصیص وظائف مونتاژی و پردازش به ایستگاههای کاری بطوریکه زمان کل مورد نیاز در هر ایستگاه کاری تقریباً مشابه باشد.

- در صورتیکه بتوان عناصر کاری را طوری گروه بندی کرد که زمان آنها با زمان ایستگاهها کاری برابر باشند، بالانس کامل است و جریان هموار و یکنواخت ولی رسیدن به بالانس کامل بسیار مشکل است.

- اگر زمان ایستگاهها برابر نباشند آهسته ترین ایستگاه (گلوگاه) تعیین کننده نرخ تولید خواهد بود.

**مفاهيم:****الف – حداقل عنصر کاري منطقي:**

عبارتست از کوچکترین وظیفه عملی نیز قابل تقسیم که کار مونتاژ به آنها تقسیم می شود.  
مثلاً: دریل کردن، اتصال پیچ و مهره ای.

مقدار ثابت  $= T_{ej}$  = زمان مورد نیاز برای انجام حداقل عنصر کاري منطقي زام  $j = 1, \dots, n_e$

با وجودیکه در حالت اتوماتیک یا دستی امکان تغییر زمان وجود دارد.

$n_e$  = کل عناصر کاري موجود در کل عملیات مونتاژ

فرض  $T_{ej}$  ها قابلیت جمع پذیری دارند یعنی دو عنصر  $T_{e1} + T_{e2}$

حقیقت – ممکن است اگر دو عنصر را ترکیب کنیم مجموع زمانها با زمان انجام ترکیب آنها متفاوت باشد.

**ب – حجم کل کار:**

عبارتست از مجموع زمانهای کل عناصر کاری در خط

$$T_{wc} = \sum_{j=1}^{ne} T_{ej}$$

ج - زمان پردازش ایستگاه کاری:

یک ایستگاه کاری شامل یک یا چند عنصر کاری است و زمان ایستگاه ام  $T_{si}$  می باشد که برابر مجموع زمانهای عناصر کاری آن است.

$$\sum_{i=1}^n T_{si} = \sum_{j=1}^{ne} T_{ej}$$

د - زمان سیکل کاری: مقداری است تئوری با ایده آل که عبارتست از فاصله زمانی بین خروج قطعات از خط جریان ( $T_c$ )

$$T_c \leq \frac{E}{R_p}$$

$E =$  کارآیی یا راندمان مورد انتظار از خط

$R_p =$  نرخ تولید مورد نیاز

- حداقل مقدار ممکن برای  $T_c$  وسیله گلوگاه تعیین می شود  $T_c \geq \max T_{si}$

- اگر  $T_c = \max T_{si}$  تمام ایستگاههایی که  $T_s$  آنها کمتر از  $T_c$  است دارای زمان بیکاری یا تأخیر هستند.

$$T_c \geq T_{ej} \quad j = 1, \dots, n_e$$

- در فرمولهاي بالا زمان انتقال مواد و قطعه در نظر گرفته نشده است ولي اگر وجود داشت آنرا بايد به دو معادله فوق اضافه كرد.

### ه - محدوديت پيش نيازي:

- نياز مندي توالي فني عمليات مونتاژ
- تقريباً هر كار مونتاژي با پردازش داراي پيش نياز است.

### و - محدوديت منطقه بندي:

- 1- مثبت با عناصر كاري معيني بايد در کنار هم قرار گيرند و ترجيحاً در يك ايستگاه كاري (تمام عناصر مربوطه به عمليات نقاشي).
- 2- منفي: عناصر كاري معيني بايد در کنار هم قرار گيرند (عناصر كاري حساس و كار با تجهيزات پر سر و صدا).

## ز – محدودیت موقعیت:

محل استقرار کارگران مونتاژ محدود است مثلاً کارگران خطوط مونتاژ خودرو که باید در اطراف آن قرار گیرند.

مثال:

12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	شماره عنصر
12/0	5/0	38/0	27/0	6/0	32/0	11/0	3/0	1/0	7/0	4/0	2/0	زمان عنصر $T_{ej}$
11	$\begin{matrix} 10 \\ 9 \end{matrix}$	5 و 8	$\begin{matrix} 8,7 \\ 6 \end{matrix}$	4/3	3	3	2	2/1	1	-	-	تقدم و تاخر

تقاضای تولید 12000 واحد در سال 2400 واحد در هفته = 60 واحد در ساعت = 1 واحد در دقیقه.

$$n_e = 12, \quad T_{wc} = \sum_{j=1}^{12} T_{ej} = 4 \text{ دقیقه}$$

$$T_c = \frac{1}{\text{واحد در دقیقه}} = 1 \text{ دقیقه}$$

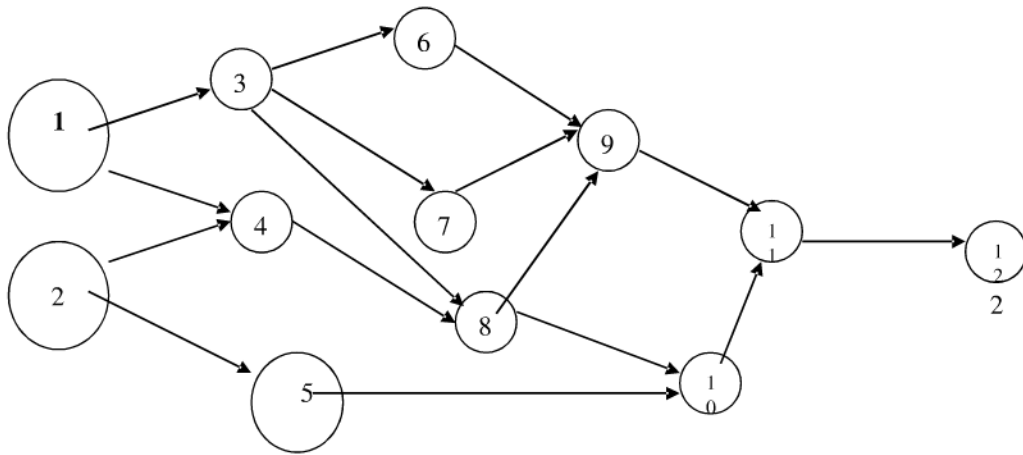


ح - نمودار تقدم و تأخر: نمودار توالي عناصر كاري

بر حسب محدوديت پيش نيازي.

(عناصر كاري را كه، فرض مي كنيم و بردارها جهت دهنده

نمودار.)



## - تأخیر و بالانس:

اندازه عدم کارایی خط است و برابر با زمان بیکاری که بخاطر عدم تخصیص مناسب کار بین ایستگاهها حاصل می گردد.

$$d = \frac{nT_c - T_{wc}}{nT_c}$$

مثلاً:

$$d = \frac{4(1) - 4}{4(1)} = 0 \leftarrow n = 4, T_c = 1, T_{wc} = 4$$

مثلاً:

$$d = \frac{5(1) - 4}{5(1)} = 0.2 \leftarrow n = 5, T_c = 1, T_{wc} = 4$$

مثلاً:

$$d = \frac{5(0.8) - 4}{5(0.8)} = 0 \leftarrow n = 5, T_c = 0.8, T_{wc} = 4$$

در حالت بالانس کامل: (شرط ضروري ولي نه شرط كافي)

$$d = 0 \leftarrow, nT_c = T_{wc}$$

ولي  $T_{ej}$  ها بطوري هستند كه معمولاً معادله فوق صادق نيست.

$$\frac{T_{wc}}{T_c} \leq n \text{ كوچكترين عدد صحيحي است كه}$$

- هیچیک از روشهای ابتکاری جواب بهینه را تضمین نمی کنند ولی به جوابهای خوبی می رسند.
- 1- قاعده بزرگترین منتخب
- 2- روش Kilbridge & Wester
- 3- روشهای وزنه‌ای موقعیتی رتبه بندی شده

## قاعده بزرگترین منتخب

قدم اول – تمام عناصر کاري را بر حسب مقدار  $T_e$  و بصورت کاهنده لیست کنید.

قدم دوم – برای تخصیص عناصر کاري به ایستگاه اول از بالای لیست شروع کنید تا پائین، به لیست ترتیب که اولین عنصر قابل انتخاب را برای قرار دادن در ایستگاه انتخاب کنید. عنصری قابل انتخاب است که نیازمندیهای تقدم و تأخر را راضی کند و اجازه ندهد که مجموع مقادیر  $T_e$  در ایستگاه از زمان سیکل کاري  $T_c$  بالاتر رود.

قدم سوم – قدم 2 را آنقدر ادا که می دهیم تا دیگر نتوانیم عنصری را پیدا کنیم که با تخصیص آن به ایستگاه زمان ایستگاه بیشتر از  $T_c$  نشود.

قدم چهارم – قدم 2 و 3 را برای ایستگاههای دیگر را ادامه می دهیم تا تمام عناصر کار تخصیص یابند.  
مثال:

روش Kilberidge & weiter (از سال 1961)

- روش استجاری که بر طبق موقعیت عناصر کاری در نمودار تقدم و تأخر عمل می کند.



## - روش حل برای مقال قبلي:

الف – نمودار تقدم و تأخر را طوري بسازيد که گره ها نمايانگر عنصر کاري و تقدم و تأخرهاي مشابه بصورت عمودی در يك ستون قرار گیرند.  
شکل:

- عناصر کاري را برحسب ستونهاي آنها لیست کنید. در مورد عناصری که می توانند در بیشتر از 2 ستون باشند، شماره ستونها را تکرار کنید.

$\sum T_e$ مجموع زمانهای ستون	$T_e$	ستون	تعداد گاری
6/0	2/0	<b>I</b>	2
	4/0	<b>I</b>	
1/1	7/0	<b>II</b>	5
	1/0	<b>II</b>	
	3/0	<b>II, III</b>	
03/1	11/0	<b>III</b>	8
	32/0	<b>III</b>	
	6/0	<b>III</b>	
65/0	27/0	<b>IV</b>	10
	38/0	<b>IV</b>	
5/0	5/0	<b>V</b>	11
12/0	12/0	<b>III</b>	12

ج - برای تخصیص عناصر کاری به ایستگاهها از ستون 1 شروع می کنیم. تخصیص را آنقدر ادامه می دهیم تا به زمان سیکل برسیم.  $T_c$  در مثال مورد نظر 1 دقیقه بود.

تمام عناصر کاری ستون 1 در ایستگاه 1 زیرا  $\sum T_e < 1$

عنصری از ستون 2 انتخاب می شود که باعث افزایش  $\sum T_e$  از  $T_c$  نشود.

بنابراین عناصر 4 و 5 به ایستگاه 1 استفاده می شوند و  $\sum T_e = 1$

همانطور که مشاهده می شود نیازی به توجه به تقدم و تأخر نیست زیرا اتوماتیک رعایت شده است.

$\sum T_e$	$T_e$	عنصر	ایستگاه
1	2/0	1	1
	4/0	2	
	1/0	4	
	3/0	5	
81/0	7/0	3	2
	11/0	6	
92/0	32/0	7	3
	6/0	8	
65/0	27/0	9	4
	38/0	10	
62/0	5/0	11	5

$$d = \text{تأخیر بالانس} = \frac{5(1) - 4}{5(1)} = \%20$$

در حالت های پیچیده تر روش  $k$  &  $w$  جواب بهتری ارائه می دهد.

**روش وزنه های موقعیتی رتبه بندی شده:  $(RPW)$**

قدم 1  $RPW$  - یا (وزن موقعیتی رتبه بندی شده) را برای هر عنصر بوسیله اضافه کردن  $T_e$  عناصر به همدیگر برای تمام عناصری که در یک زمینه فلشی در نمودار قرار دارند محاسبه می کنیم:

**قدم 2 -** عناصر را برحسب RPW مرتب کرده بطوریکه RPW بزرگ در بالاي جدول ولير نزولي.

**قدم 3 -** عناصر را برحسب RPW آنها تخصیص داده و محدودیت های پیش نیازی و زمان شکل را در نظر بگیرید.

مثال: با توجه به شکل شبکه مورد نظر: سنجیده ها عبارتند از:

$$1 \rightarrow 3,6,7,8,9,11,12,4,8,10 \rightarrow RPW_1 = \sum T_e = 3.3$$

$$3 \rightarrow 6,7,8,9,10,11,12 \rightarrow RPW_3 = \sum T_e = 3$$

پیش نیاز	$T_e$	RPW	عنصر
-	2/0	3/3	1
1	7/0	3	3
-	4/0	67/2	2
1 و 2	1/0	97/1	4
3 و 4	6/0	87/1	8
2	3/0	3/1	5
3	32/0	21/1	7
3	11/0	1	6
5 و 8	38/0	1	10
6 و 7 و 8	27/0	89/0	9
9 و 10	5/0	62/0	11
11	12/0	12/0	12

از بالای لیست شروع می کنیم و بعد از هر تخصیص به ابتدای لیست بر می گردیم. [www.jozveha.ir](http://www.jozveha.ir)

در ایستگاه	$T_e$	عنصر	ایستگاه
9/0	2/0	1	1
	7/0	3	
91/0	4/0	2	2
	1/0	4	
	3/0	5	
	11/0	6	
92/0	6/0	8	3
	32/0	7	
5/0	38/0	10	4
	27/0	9	
62/0	5/0	11	5
	12/0	12	



چون حداکثر زبان ایستگاهها 92/0 است بنابراین  $T_c = 92/0$

گرفته و نرخ تولید را افزایش می دهیم  
 $R_p = 1.075 = \frac{1}{0.92}$   
واحد در دقیقه.

$$d = \frac{5(0.92) - 4}{5(0.92)} = \%13$$

## روشهاي كامپيوتري بالانس خط (CALB , ALPACA , COMSOAL)

براي تحقيق عناصر كاري موقعي كه خط مونتاژ بيش از دهها عنصر يكي دارد.

اين روشهاي معمولاً يك گسترده اي از جوابهاي بهينه ارائه مي دهند.

**روش COMSOAL (روش كامپيوتري تعيين توالي عمليات براي خط مونتاژ) (1996)**

با توجه به مثال:

قدم 1 – تهيه ليستي كه شامل عناصر كاري و تعداد عناصر پيش نيازي هر عنصر مي باشد.

12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	عنصر
1	2	2	3	2	1	1	1	2	1	0	0	تعداد در پس نیازها

دم 2 – تهیه لیستی از عناصر لیست قدم 1 که دارای بیش نیاز نیستند.  
(B) عناصر بدون پس نیاز

قدم 3 – بطور تصادفی یکی از عناصر لیست قدم 2 را انتخاب (انتخاب تصادفی در کامپیوتر) می کنیم طوری که زمان کل بیشتر از  $T_C$  نشود.

قدم 4 – عنصر انتخاب شده در قدم 3 را در صورت نیاز از لیست A و B حذف می‌کنیم. لیست‌ها را به‌همنگام کرده بعد از به‌همنگام کردن ممکن است عناصری حذف و اضافه شوند. (فرض کنید عنصر 1 انتخاب شود).

عنصر	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
تعداد پس نیاز	0	0	1	1	1	1	2	3	2	2	1

## عناصر بدون پیش نیاز:

2 (B)  
3

**قدم 5 -** دوباره یکی از عناصر لیست (B) انتخاب می شود.

**قدم 6 -** قدمهای 4 و 5 را با در نظر گرفتن  $T_c$  آنقدر ادامه می دهیم تا تمام عناصر به ایستگاههای کاری تخصیص یابند.

قدم 7- جواب حاضر را حفظ کرده و قدمهاي 1 تا 6 را براي رسيدن به جواب ديگر ادامه مي دهيم و اگر 5 کمتر بود انتخاب جديد حفظ و قبلي حذف مي شود.

$$d = \%20$$

$\sum T_e$	$T_e$	عنصر	ايستگاه
1	2/0	1	1
	4/0	2	
	3/0	5	
	1/0	4	
81/0	7/0	3	2
	11/0	6	
98/0	6/0	8	3
	38/0	10	
59/0	32/0	7	4
	27/0	9	
62/0	5/0	11	5
	12/0	12	

## راههاي ديگر براي بهبود بالانس خط:

### الف - تقسيم عناصر كاري:

در بعضي موارد كه تعريف عنصر كاري بصورت حداقل منطقي باعث ايجاد شده است مي توان با تعريف مجدد و تقسيم اين عنصر كاري (مانند سوراخكاري يا بستن پيچ و مهره در صفر در خطوط اتوماتيك) اين عنصر يا ايستگاه را از حالت گلوگاهي خارج کرده و بالانس را بهبود ببخشيد.

## ب - سرعت تغذیه در ایستگاههای اتوماتیک:

- با افزایش ترکیبات نرخ تولید / سرعت تغذیه در ایستگاههایی که زمان فرآیند آنها زیاد است. (گلوگاه).

- با کاهش ترکیبات نرخ تولید / سرعت تغذیه در ایستگاههایی که زمان فرآیند کم است (بیکاری، غیر گلوگاهی) امکان بالانس خط بهتر وجود دارد.



## ج - تحلیل روشها:

- مطالعه عناصر کاری انسانی جهت بهبود احتمالی آنها.

- تحلیل روشها ممکن است منجر به لی آت بهتر محل های کار، ابزار بندي و فیکسچہ بندي مجدد، بهبود حرکات بدن و دست شود و این تغییرات منجر به افزایش بالانس بهتر خط می شود.

- تحلیل روشها در مورد عناصر کاری اتوماتیک باید در طی مراحل طراحی و برنامه ریزی محصول و خط انجام گیرد.

- خرید خدمت از مونتاژ کاران خارجی

- پیش مونتاژ بصورت offline یا در يك سلول مونتاژ دیگر / برای کاهش میزان کار در يك خط مونتاژ.

**دلایل سازماندهی مونتاژ بصورت پیش مونتاژ:**

- 1- فرآیندی مورد نیاز است که ممکن است بسختی بتوان در خط مونتاژ معمول پیاده سازی کرد.
- 2- واریانس در زمانهای فرآیند مونتاژ
- 3- راه اندازی يك سلول مونتاژی یا خرید از فروشندگان متخصص ممکن است باعث بهبود کیفیت شود.

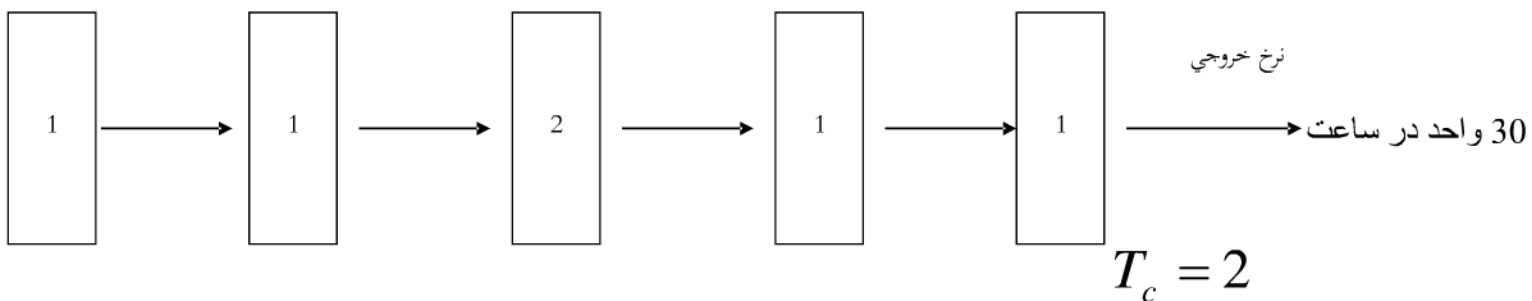
## انبارك در بين ايستگاهها:

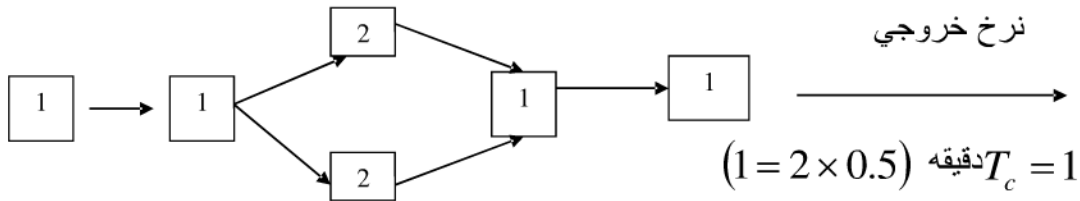
- هموار سازي جريان كار زيرا عناصر كاري انساني بصورت متغيرهاي تصادفي عمل مي كنند و انبارك ها باعث يكنواختي اين اختلافات مي شوند.

و- ايستگاههاي موازي:

-امكان استفاده از ايستگاههاي موازي در مورد گلوگاه ها

دقيقه





60 واحد در ساعت

**در مورد مثال قبل:**

$\sum T_e$	$T_e$	عناصر کاري	www.jsteha.ir
2	2/0	1	1
	4/0	2	
	7/0	3	
	1/0	6	
	6/0	8	
2	2/0	1	2
	4/0	2	
	7/0	3	
	1/0	4	
	6/0	8	
1	3/0	5	3
	11/0	6	
	32/0	7	
	27/0	9	
1	38/0	10	4
	5/0	11	
	12/0	12	

- مونتاژ های مونتاژ اتوماتیکی
- مونتاژ اتوماتیکی عبارتست از کاربرد تجهیزات اتوماتیکی و مکانیزه برای انجام توابع مختلف در یک سلول یا خط مونتاژ
- پیشرفت در زمینه ربات ها باعث پیشرفت مونتاژ مکانیکی شده است.
- مونتاژ مکانیکی یا اتوماتیکی شاخه ای از اتوماسیون است.
- منابع مفید

1 – ANDReasen , M . M , "Design for Assembly "  
springner – verlag , berlin , 1983

2 – Bothroyd , G . "Automatic Assembly" , Marcel Dekker ,  
lue New York , 1982.

3- Riley , F. J . , Assembly Automation , Inelustria Preps , Ins .  
New York , 1983.

- مکانیزه کردن و اتوماتیک کردن خط مونتاژ تأثیر زیادی بر ساده شدن طراحی محصول دارد.
- بعضی از روشهای مونتاژ دستی (مانند بستن مهره) به مکانیکی ارجحیت دارند.
- چهار شکل در مکانیزه کردن روشهای دستی وجود دارد.

الف – موقعیت متفاوت حل اتصال از قطعه به قطعه دیگر (مانند سوراخ پیچ)

ب – عدم انطباق دو قطعه مونتاژی (عدم انطباق سوراخ دو صفحه)

ج – تطابق قطعات مونتاژی و متصل کننده با هم (پیچ و مهره دار شده)

د – اطمینان از موقعیت درست قطعات با توجه به حس لامسه (بسته شدن پیچ های خو

- وظیفه طراح محصول در فرآیند اتوماسیون مونتاژ برای حل این ها مشکل این است که روشهای خاصی برای انتقال اجزاء متنوع محصول در نظر گیرد.

- انسان قابلیت حرکت در جهات مختلف، تطبیق با مشکلات غیر قابل انتظار و وضعیت های جدید، انجام هماهنگ چند کار با هم و کاربرد چند حس در حین انجام کار را داراست.

- بنابراین بهنگام طرح محصول باید رویه های اتصال را بگونه ای طراحی کرد که بدون نیاز به انسانی این کارها را اتوماتیک انجام داد.



## چند توصیه برای کاربرد در طراحی محصول جهت اتوماسیون مونتاژ:

**1- کاهش تعداد مونتاژ مورد نیاز:** با ترکیب کردن چند توابع کارکردی برای یک قطعه بجای انجام این توابع با چند قطعه در یک محصول.

مثال:

جایگزین قطعات فلزی با قطعات پلاستیکی، زیرا می توان یک شکل هندسی خاص از پلاستیک ساخت که کار چند قطعه فلزی را انجام دهد. ممکن است این کار هزینه پر باشد ولی باعث کاهش زمان مونتاژ می شود.

## 2- کاربرد طراحی ماجولی (جزء به جزء): در مونتاژ مکانیکی،

افزایش تعداد قدمهای مونتاژ مجزا که بوسیله یک سیستم اتوماتیک تک انجام می شوند باعث افزایش احتمال خرابی و شکست ماشین می گردد. برای کاهش این اثر، تنها می شود که طراحی محصول جزء به جزء باشد و زیرا هر جزء ماکزیمم نیازمند 10 تا 15 قطعه مونتاژی در یک سیستم مونتاژ تک می باشد.

## 3- کاهش تعداد اتصال دهنده های مورد نیاز: بجای استفاده از

پیچ و مهره های مجزا، مکانیزمهای اتصال طوری طراحی شوند که نیازمند اتصالات مجزا نباشند. همچنین طراحی محصول به گونه ای که بتوان چند اتصال را بطور هماهنگ انجام داد.

#### 4- کاهش نیاز به حمل و نقل چند جزء با هم:

- ترجیحاً باید عملیات مونتاژی را در ایستگاه‌های مختلف مونتاژی مجزا کرد تا اینکه چند کار را در يك ایستگاه انجام داد ابتدا در مورد رباتها این جریان متفاوت است زیرا رباتها می توانند چندین کار پیچیده را در يك ایستگاه انجام دهند.

#### 5- محدود کردن جهات دسترسی: تعداد جهات در مورد اجزایی

(قطعات) که بعداً به زیر ساختارهای موجود اضافه می شوند باید حداقل شوند. اگر تمام قطعات را بتوان بصورت عمودی از بالا به قطعه پایه اضافه کرد ایده آل است. طراحی ماجولهای زیر مونتاژی تعیین کننده این جهات خواهند نبود.

**6- بالا بردن کیفیت قطعات:** بهره وری یک سیستم مونتاژ مکانیکی وابسته به کیفیت خوب اجزایی است که در ایستگاه ها به قطعه پایه اضافه می شوند. کیفیت پائین قطعات باعث توقف تغذیه کننده ها و در نتیجه توقف سیستم مونتاژ اتوماتیک می شوند.

**7- بالا بردن توانایی گرفته شدن قطعات:** توانایی گرفته شدن عبارتست از راحتی تغذیه و تخلیه قطعه از ایستگاهها مونتاژ یکی از هزینه های اصلی در توسعه یک سیستم مونتاژ مکانیکی یا اتوماتیک عبارتست از زمان مهندسی که صرف طراحی و ساخت وسایل تغذیه می گردد.

طراح محصول موظف است که قطعات را از نظر جنبه های هندسی در حالتی یا قالبی طراحی کند که بسادگی گرفته و تغذیه شوند.

## انواع سیستم های مونتاژ اتوماتیک:

- با فرض اینکه طراحی محصول با سیستم مونتاژ اتوماتیک منطبق است، راههای مختلفی برای طبقه بندی سیستم های مونتاژ اتوماتیک وجود دارد.

- 1- سیستم انتقال پیوسته Continus
- 2- سیستم انتقال گسسته Intermittent
- 3- سیستم انتقال مرده – زنده Asynchronous
- 4- سیستم پالتي Stationary base part ststem

- مناسب ترین نوع سیستم انتقال در يك مونتاژ مکانیکی وابسته به عوامل زیر است:

- الف - نوع عملیات مونتاژی که باید انجام شود.
- ب - تعداد ایستگاههای کاری در خط
- ج - وزن و اندازه قطعات کاری
- د - وجود یا عدم وجود ایستگاههای دستی در خط مونتاژ
- ه - نرخ تولید مورد نیاز
- و - بالانس کردن زمانهای مونتاژ متفاوت در خط

- این سیستم های انتقال مربوط به کل خط مونتاژ هستند و با تغذیه کننده های ایستگاهی متفاوت هستند. (در حقیقت تغذیه کننده های ایستگاهی جزئی از ایستگاه هستند).

- قطعات کاری با يك سرعت ثابت و بطور پیوسته در خط مونتاژ منتقل می شوند.
- برای حفظ پیوستگی باید مسئول خط همواره مواظب خط مونتاژ باشد (بسته بند، عملیات مونتاژ دستی پر کردن بطري) البته در بعضي موارد بدلائل شرایط خط این حرکت و مواظبت سخت است.
- مزیت حرکت پیوسته در انتقال مایعات با کم کردن احتمال ریختن مایعات.
- این نوع انتقال از نظر طراحی ساده و قابل تطبیق با نرخ تولید بالاست

## انتقال گستر:

- ایستگاه‌های کاری ثابت هستند و قطعات بین ایستگاه‌ها حرکت کرده و در ایستگاه در موقعیت خاصی جهت انجام عملیات مونتاژ ثابت هستند.
- تمام قطعات در یک زمان مشابه منتقل می‌شوند (از ایستگاه به یک ایستگاه دیگر)
- عملیات ماشین کاری، عملیات پرس در ریخته‌گری و مونتاژ مکانیزه در ایستگاه‌ها



- در این سیستم به هر قطعه ای بطور مستقل از قطعات بعد اجازه داده می شود تا در صورت اتمام مونتاژ به ایستگاه بعدی منتقل گردد.
- در يك زمان مشابه يك قطعه در حال انتقال است و دیگری در حال انجام سایت مونتاژ
- انعطاف پذیری بیشتر نسبت به دو روش انتقال قبل
- انبارك هاي قطعات نیم کاره را می توان با این سیستم انتقال بکار برد.
- این سیستم انتقال را می توان برای بالانس خطوط مونتاژی که دارای مونتاژهایی با زمان های متفاوت هستند بکار برد.
- ایستگاههای موازی یا چند گانه برای مونتاژهای طولانی و ایستگاههای تك برای مونتاژهای کوتاه
- نرخ متوسط تولید در این سیستم اتصال تقریباً یکسان است.

- این سیستم انتقال در مواردی بکار می رود که یک یا چند ایستگاه مونتاژ دستی وجود دارد و تفاوت زمان شکل خط در 2 مورد قبل مسئله ساز می گردد.

- قطعات بزرگ مونتاژی را می تواند با این سیستم انتقال متصل کرد.
- عیب این سیستم اتصال این است که بطور کلی نرخ تولید کمتر از حالت های دیگر است.
- در این سیستم قطعه اصلی یا پایه در یک محل یا پالت ثابت می گردد و در طی مراحل مونتاژ همانطور باقی می ماند.
- این پالت بین ایستگاههای مونتاژ منتقل می گردد.
- چون قطعه اصلی ثابت است موقعیت قطعات بعدی نیز درست خواهد بود.
- امکان استفاده از پالت برای قطعات مشابه دیگر وجود دارد.
- در بعضی موارد از پالت استفاده نمی شود و خود قطعه پایه متصل می گردد و با ورود به ایستگاه در یک محل خاص ثابت می گردد (کم کردن هزینه پالت).

## مکانیزم‌های انتقال در خطوط مونتاژ اتوماتیک:

الف - انتقال خطی

ب - انتقال دوار

### الف - انتقال خطی:

سیستم انتقال پایه ای

- در این مکانیزم قطعات کاری از موقعیت خود در ایستگاه کاری بلند شده و به سخت ایستگاه بعدی حرکت می‌کنند.
- سپس توسط مکانیزم قطعات پائین آورده و در جایگاه مناسب قرار می‌گیرند و ثابت می‌شوند.

## سیستم نقاله غلتکی

- این مکانیزم در خطوط جریان "اتوماتیک و سیستم های حمل و نقل ذخیره سازی استفاده می شود.
- این نقاله می تواند برای اتصال قطعه یا پالت بکار رود.
- غلتک های این نقاله توسط دو مکانیزم حرکت می کنند.
- (تسمه) با نیروی اصطکاک غلتک ها حرکت در می آیند.
- (زنجیری) با دنده متصل به غلتک ها

## سیستم نقاله زنجیری

یک زنجیر با یک تسمه فلزی انعطاف پذیر برای انتقال قطعات کاری بکار می رود.

- زنجیر توسط پولی های در یک حالت "بالا و پائین" (گردش افقی پولی ها) یا در یک حالت "اطراف و گوشه" (گردش عمودی پولی ها) حرکت می کنند.

- این مکانیزه برای هر سه حالت "پیوسته"، "گسسته" یا "زنده - مرده" قابل استفاده است.

- روشهاي مختلفی براي اتصال دوار يا زوايائي مختلف وجود دارد.

## 1- مکانیزم Paek and

- مکانیزم ساده ولي براي خطوط مونتاژ با سرعت مناسب نيست.
- تمایل يك پيستون براي حرکت Yack كه آن باعث گردش Pinion ميز متصل به آن مي شود.
- از يك كلاچ براي تبديل اين گردش به جهت مورد علاقه استفاده مي شود.

## 2- مکانیزم Ratchet and Pawl (شکل 7/4)

- مکانیزم ساده ولی در بعضی موارد غیر قابل اطمینان زیرا شامل چندین جزء حساس است.

## 3- مکانیزم Geneva (شکل 8/4)

- مکانیزم قبلی حرکت خطی تبدیل به یک حرکت دوار می شد.
- در مکانیزم Geneva یک حرکت دوار مستقیماً به حرکت دوار تبدیل می شود.
- مثلاً اگر عضو گردش دارایی 6 پایه باشد با هر حرکت قسمت متحرک، میز به اندازه  $\frac{1}{6}$  گردش می گذارد.

- به عبارت دیگر حرکت کل قسمت متحرك باعث حرکتی به اندازه معین می کند.
- برای حالتی که عضو گردش دارای 6 پایه باشد حرکت  $60^\circ$  متحرك باعث حرکت میز به اندازه  $\frac{1}{6}$  می شود.
  - 300 بقیه حرکت مرده بارهاست.
  - برای حالت 4 پایه ای حرکت باید  $90^\circ$  باشد و بقیه  $270^\circ$  مرده بارهاست.
  - تعداد پایه ها معمولاً 4، 5، 6 و 8 است.



## مثال :

اگر قسمت متحرك 6 دور در دقیقه بزند. زمان سيكل ماشين، زمان فرآيند و زمان سيكل هر حرکت براي اتصال به ايستگاه بعدي چقدر است.  
- میزان حرکت 60° مي باشد. - زمان سيكل ماشين ثانيه مي باشد.

$$\frac{\text{ثانيه} 60}{\text{دور در دقیقه} 6} = 100$$

- قسمت از این زمان یا  $\frac{300}{360} = \frac{5}{6}$  یا  $\frac{7}{6}$  ثانیه زمان رها بودن.  
(زمانی که فرآیند روی قطعه باید انجام شود) 0.

- زمان سیکل حرکت میز  $\frac{60}{360} = \frac{1}{6}$  ثانیه.

#### 4- مکانیزم Cam

- صحیح ترین و قابل اطمینان ترین مکانیزم حرکت دوار
- هزینه بالای این مکانیزم
- قابلیت انعطاف در سرعت حرکت و میزان و جهت حرکت

راه دیگر برای دسته بندی سیستم های مونتاژی اتوماتیک بر حسب شکل ظاهری خطوط است.

- الف – ماشین مونتاژ از نوع Dial
- ب – ماشین مونتاژ در خط
- ج – سیستم مونتاژ در Carousel
- د – ماشین مونتاژ تک ایستگاه

## الف - ماشین مونتاژ از نوع Dial

- در يك كاربر نوعي، قطعات مبنا يا پايه به روي پايه هايي ثابت مي شوند كه اين پايه بصورت دايره اي مي تواند حركت كند.
- قطعات و اجزاء بعدي كه بايد متصل شوند يا اضافه شوند در اطراف اين ميز دوار قرار دارند.
- ميز دوار بصورت "گستر" يا "زنده - مرده" حركت مي كند كه زمان سيكل در اين سيستم شامل زمان فرآيند مونتاژ بعلاوه زمان حركت مي باشد.
- البته بيشتر موارد مكانيزمهاي حركتي پيوسته استفاده مي شود.

## ب- ماشین مونتاژ در خط

- شامل يك سري ايستگاههاي كاري اتوماتيك كه در يك خط قرار گرفته اند.
- اين ماشين حالت اتوماتيك خط مونتاژ دستي است.
- مكانيزمهاي پيوسته، گستر يا "زنده - مرده" مي توانند در اين حالت بكار روند.
- براي حالت گستر زمان سيكل ايده آن برابر زمان عمليات مونتاژ در آهسته ترين ايستگاه بعلاوه زمان انتقال بين ايستگاههاست. نرخ توليد در بهره وري 100% برابر عكس زمان سيكل آن است.

- تلفیقي از دو سیستم قبلي
- هر سه مورد انتقال پیوسته، گسسته و "زنده - مرده" قابل استفاده است.
- این سیستم به همراه مکانیزم "زنده - مرده" برای سیستم های مونتاژ جزئی اتوماتیک بکار می رود.

## د - ماشین مونتاژ را تك ایستگاهی:

- عملیات مونتاژ در يك موقعیت تك ایستگاهی انجام می شوند.
- قرار دادن قطعه پایه در ایستگاه تا قطعات بعدی اضافه شوند.
- اجزاء قطعات دیگر بوسیله تغذیه کننده ها به ایستگاه تحویل می شوند و يك یا چند قسمت از ماشین عملیات مونتاژ و اتصال را انجام می دهند.
- این حالت بیشتر برای سلولهای مونتاژ ربّاتی انتخاب می شود که بعد از تغذیه اجزاء به اتصال آنها به قطعه اصلی می پردازد.
- تجهیزات تغذیه کننده قطعات
- برای هر يك از حالات 4 گانه فوق اند که باید يك وسیله برای تغذیه یا تحویل قبلی و اجزاء به مونتاژ کننده باید طراحی شود.
- عناصر يك سیستم تحویل قطعات

- سیستم سخت افزاری تحویل یا تغذیه قطعات شامل عناصر زیر است:

**1- نگهدارنده:** ظرفی که در آن اجزاء ذخیره می شوند تا به ایستگاه تغذیه شوند.

- یک نگهدارنده مجزا برای هر جزء بکار می رود.  
- اجزاء معمولاً بصورت فله ای در نگهدارنده قرار می گیرند.

## **2- تغذیه کننده:**

- مکانیزمی که اجزاء را از نگهدارنده تک به تک گرفته و به مونتاژ کننده تحویل می دهد.
- معمولاً تغذیه کننده و نگهدارنده در یک مکانیزم عملیاتی ترکیب می شوند.
- تغذیه کننده کاسه ای لرزان از جمله مثالهای معروف در زمینه ترکیب تغذیه کننده و نگهدارنده است.



### 3- انتخاب کننده یا مرتب کننده:

- عناصر سیستم تحویل وابسته به مرتب بودن اجزاء تحویلی به مونتاژ کننده می باشد.
- يك انتخاب کننده مانند يك فیلتر عمل می کند که تنها به قطعاتی اجازه عبور و تحویل می دهد که دارای موقعیت و جهت درست هستند.
- قطعاتی که مرتب نباشند به قسمت نگهدارنده برگشت داده می شوند.
- يك مرتب کننده نیز فقط به قطعاتی اجازه عبور می دهد که مرتب باشند منتها قطعاتی که مرتب نیستند را مرتب کرده و سپس عبور می دهد (به نگهدارنده بر نمی گرداند).
- معمولاً انتخاب کننده و مرتب کننده را در یک سیستم تغذیه کننده – نگهدارنده ترکیب می کنند.

## 4- منتقل کننده:

- عناصر سیستم تحویل معمولاً با فاصله از مونتاژ کننده قرار دارند.
- يك منتقل کننده وظیفه انتقال قطعات را بصورت مرتب از تغذیه کننده تا مونتاژ کننده بعهده دارد.
- بطوري كلي دو نوع منتقل کننده وجود دارد: به كمك نيروي جاذبه – به كمك نيروي اضافي
- منتقل کننده نيروي جاذبه اي معمول تر است، در اين حالت نگهدارنده و تغذيه کننده بالاتر از قسمت مونتاژ کننده قرار مي گيرند و نيروي جاذبه وظيفه انتقال را بعهده دارد.
- منتقل کننده با نيروي اضافي از لرزاندن، فشار هوا و يا ديگر وسايل اعمال نيرو جهت انتقال استفاده مي کند.

## 4- منتقل کننده:

- عناصر سیستم تحویل معمولاً با فاصله از مونتاژ کننده قرار دارند.
- يك منتقل کننده وظیفه انتقال قطعات را بصورت مرتب از تغذیه کننده تا مونتاژ کننده بعهدہ دارد.
- بطوري كلي دو نوع منتقل کننده وجود دارد: به کمک نیروی جاذبه – به کمک نیروی اضافی
- منتقل کننده نیروی جاذبه ای معمول تر است، در این حالت نگهدارنده و تغذیه کننده بالاتر از قسمت مونتاژ کننده قرار می گیرند و نیروی جاذبه وظیفه انتقال را بعهدہ دارد.
- منتقل کننده با نیروی اضافی از لرزاندن، فشار هوا و یا دیگر وسایل اعمال نیرو جهت انتقال استفاده می کند.

## تحليل مقداري عمليات سيستم تحويل:

- مكانيزم تغذيه قطعات قادر است با يك نرخ معين  $f$  قطعات را از نگهدارنده بگيريد.
- فرض بر اين است كه اين قطعات بطور تصادفي قرار دارند و تصحيح جهات آنها توسط انتخاب كننده يا مرتب كننده انجام مي گيرد.
- در مورد انتخاب كننده قطعات بايد بطور صحيح مرتب شوند تا بتوانند عبور کنند و قطعات نامرتب به نگهدارنده برگشت مي خورند.
- در مورد مرتب كننده، قطعات نامرتب مجدداً مرتب شده و عبور مي کنند، بنابراین از نظر تئوري 100% و قطعات عبور مي کنند.
- در بعضي از سيستم هاي تحويل، عملکرد انتخاب و مرتب كردن تركيب مي گردد.

- فرض کنیم که  $\theta$  عبارت باشد از درصد قطعاتی که از فرآیند "انتخاب و مرتب کردن" عبور می کنند و به متصل کننده می رسند.

- بنابراین نرخ مؤثر تعدیل از نگهدارنده به متصل کننده برابر  $f\theta$  خواهد بود.

$\theta - 1$  درصد قطعات نیز به داخل نگهدارنده باز می گردند تا دوباره مرتب شوند.

- بنابراین جهت محاسبه نرخ شکل و نرخ تولید ماشین مونتاژ باید  $f\theta$  در نظر گرفته شود.

- فرض کنیم که  $f\theta > R_c$  یا نرخ سیکل ماشین مونتاژ باشد.
- تحت این شرایط باید اندازه صف ورود قطعات به متصل کننده جستجو شود.
- این کار را می توان با قرار دادن يك سنسور در قسمت انتهایی منتقل کننده هایی که برای چرخاندن مکانیزم تغذیه بکار می رود، انجام داد.

- اگر این طول را  $L_f$  بگیریم و طول قطعه ای که متصل می گردد  $L_c$  باشد، تعداد قطعه ای می تواند منتقل کننده نگهداری شود.

$$n_f = L_f / L_c \text{ می باشد.}$$

- طول قطعه  $L_c$  بدنیا گونه محاسبه می شود که از يك نقطه قطعه شروع تا نقطه معینی از قطر بعدی در صف بگونه ای که اجازه Overlap شدن داشته باشد.
- مقدار  $n_f$  همان ظرفیت منتقل کننده است.
- حساسه دیگری باید با فاصله از حساس اول قرار گیرد تا برای شروع دوباره عملیات مکانیزم تغذیه عمل کند.
- موقعیت حساسه دوم با فاصله قرار دارد و تعداد قطعات در این موقعیت  $n_s = Ls / L_c$  می باشد.

- مقدار قطعات در انبار (نگهدارنده) موقعي کاهش مي يابد که موقعيت حساسه اول طوري تعيين گردد که نرخ سيکل ماشين مونتاژ  $R_c$  ارضاء گردد.

- بطور متوسط نخي که در آن تعداد قطعات در منطقه حساسه دوم افزايش مي يابد  $f\theta - Rc$  است.

- معهذاً نرخ افزايش يکنواخت نيست زيرا عمليات انتخاب و تغذيه تصادفي است.

- بنابر اين مقدار  $n_f$  بايد به حدي زياد باشد که احتمال کمبود قطعه بعد از حساسه دوم حذف شود.



## مثال:

- زمان سیکل ماشین مونتاژ  $2/0$  دقیقه است.
- تغذیه کننده قطعات دارای يك نرخ تغذیه 20 قطعه در دقیقه است. (f)
- احتمال عبور از انتخاب کننده  $\theta = 3/0$  است.
- مقدار قطعات موجود در منطقه حساسه دوم  $n_s = 6$  است.
- ظرفیت منتقل کننده  $n_f = 18$  قطعه است.
- (a) تعیین کنید چقدر طول می کشد که منتقل کننده تخلیه شود. (فاصله بین دو حساسه)
- (b) فاصله بین دو سنسور مجدداً پر شود.

$$R_c = \frac{\text{دقیقه}}{\text{دقیقه}} \frac{1}{0.2} = 5 \quad \text{دقیقه / قطعه}$$

(a)

$$\text{a زمان} \quad \frac{18-6}{5} = 2.4$$

(b)

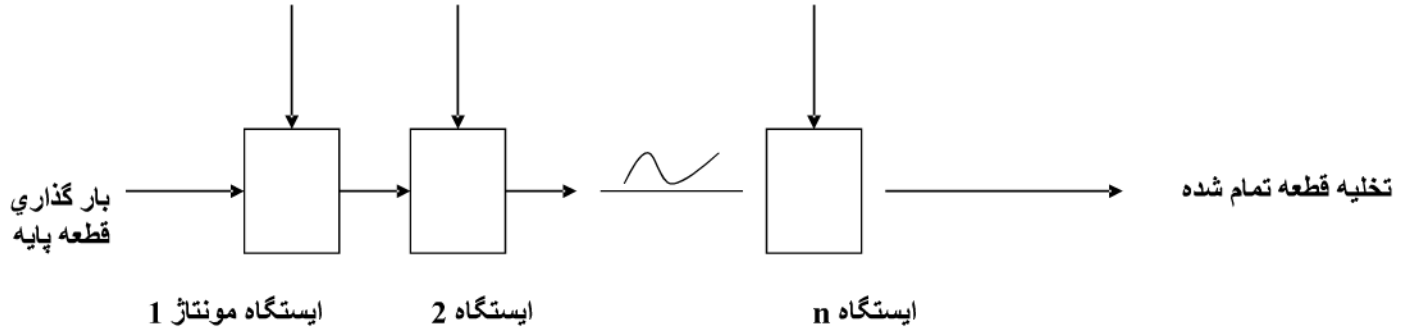
$$f\theta - R_c = (20 \times 0.3) - 5 = 6 - 5 = 1 \quad \text{دقیقه / قطعه}$$

$$\text{b زمان} = \frac{18-6}{1} = 12 \quad \text{دقیقه}$$

## تحليل ماشين هاي مونتاژ چند ايستگاهي:

- در اين حالت ماشين هاي مونتاژي مدنظر هستند كه داراي چندين ايستگاه كاري و سيستم انتقال كننده هستند.
- يعني ماشين مونتاژ Dial، سيستم هاي مونتاژ در خط و سيستم هاي Carousel
- براي سنجش عملکرد اين سيستم از معيارهاي نرخ توليد، كارآيي و هزينه استفاده مي شود.

تغذیه قطعات زیر مونتاژ



- جهت تحلیل این سیستم چند ایستگاهی مونتاژ از "نگرش حد بالا" با کمی تغییر استفاده می شود.

- فرض بر این است که در هر ایستگاه يك عملیات مونتاژي جهت اتصال يك يا چند قطعه زیر مونتاژ روي قطعه موجود انجام مي گيرد.

- "قطعه موجود" کامل قطعه اصلي و پایه بعلاوه اجزايي است که در ایستگاههاي قبلي به آن اضافه شده است.

- جهت عملکرد مناسب سيستم مونتاژ و عدم توقف آن بايد اجزاء زیر مونتاژي تمیز، یکنواخت از نظر اندازه و شکل و با کیفیت بالا و بطور پیوسته مرتب شده باشند.

- بنابراین در کنار عيوب مکانیکی، الکتریکی، الکترونیکی، عيوب نواقص زیر مونتاژها هم باعث اشکال در عملکرد خط مونتاژ خواهد شد.

- در نظر گرفتن ماشین مونتاژ بعنوان يك بازي شانسي
- قطعات معيوب حقيقي غير قابل انكار در زندگي ساخت و توليد است.
- اين عيوب با يك نرخ درصدي يا كسر معين  $g$  رخ مي دهد.
- در يك ايستگاه مونتاژ  $g$  را مي توان برابر با احتمال معيوب بودن قطعه زير مونتاژ بعدي دانست.
- معيوب بودن يك قطعه در يك ايستگاه شايد باعث توقف ايستگاه شود.
- فرض كنيد كه  $m$  معادل احتمال توقف ايستگاه بخاطر وجود عيب قطعات باشد.
- از آنجا كه ايستگاه به ايستگاه و قطعه به قطعه اين مقدار ممكن است تغيير يابند.

احتمال معیوب بودن قطعه در ایستگاه  $i$  ام  $g_i =$

احتمال توقف ایستگاه  $i$  ام  $m_i =$

$$i = 1, \dots, n$$

- در هر ایستگاه خاص 3 حالت وجود دارد.

الف - قطعه معیوب و باعث توقف ایستگاه

ب - قطعه معیوب ولی باعث توقف ایستگاه نشود.

ج - قطعه نامعیوب است.

الف - احتمال اینکه قطعه معیوب و باعث توقف ایستگاه شود.  $(P_i)$

$$P_i = m_i g_i$$

- از نظر عملیاتی تحت این شرایط آن قطعه از مسیر تغذیه خارج و قطعه بعدی جای آنرا می گیرد.

- فرض بر این است که زیر مونتاژ با قطعه بعدی در سیستم تغذیه نامعیوب است.

ب - احتمال اینکه قطعه معیوب و باعث توقف نشود.  $(P_i^1)$

$$P_i^1 = (1 - m_i)g_i$$

- حاصل این موضوع، این است که کل قطعه مونتاژ شده معیوب خواهد شد.

ج - بهترین حالت این است که قطعه نامعیوب باشد با احتمال  $P_i^{11}$

$$P_i^{11} = 1 - g_i$$



- صحيح احتمالات اين 3 حالت مساوي يك است.  
براي هر ايستگاه

$$p_i + p_i^1 + p_i^{11} = m_i g_i + g_i - m_i g_i + 1 - g_i = 1$$

- اگر مقدار  $g$  و  $m$  براي تمام ايستگاهها برابر باشد.

$$mg + (1 - m)g + (1 - g) = 1$$

- با توجه به تعداد حالات هر ایستگاه (الف، ب و ج) تعداد حالات برای  $n$  ایستگاه  $3^8$  می باشد.

- یعنی اگر مثلاً فقط 2 ایستگاه داشته باشیم.  $(3^2 = 9)$

- یا اگر 8 ایستگاه داشته باشیم. حالت  $3^8 = 6561$

- از سه حالت الف و ب و ج دو حالت بیانگر قرار گرفتن قطعه خوب زیر مونتاژی در قطعه اصلی هستند.

- حالت الف با احتمال  $m_i g_i$

- حالت ج با احتمال  $1 - g_i$

- عبارت دیگر مجموع این احتمالات یعنی  $m_i g_i + 1 - g_i$  عبارتست از احتمال اینکه قطعه نامعیوبی در ایستگاه  $i$  به محصول مونتاژ شود.

- بنابراین احتمال اینکه محصول نهایی خارج شده از خط مونتاژ قابل قبول باشد.

$$P_{ap} = \prod_{i=1}^n (1 - g_i + m_i g_i)$$

- احتمال اینکه حداقل یکی از محصولات نهایی معیوب باشد.

$$P_{ap} = 1 - \prod_{i=1}^n (1 - g_i + m_i g_i)$$

- در حالي كه  $g_i, m_i$  براي تمام ايستگاهها يكسان باشند.

$$P_{ap} = (1 - g + mg)^n \quad P_{gp} = 1 - (1 - g + mg)^n$$

-احتمال معيوب بدون محصولات نهايي بايد به بخش بارزي کيفي منتقل شود تا نتيجه بر ادغام محصولات خوب و بد پيش نيايد.  
-در کنار معيار بالا جهت بررسي وضعيت عملکرد يك خط مونتاژ معيار-هاي نرخ توليد، زمانهاي توقف و متوسط هزينه هر واحد نيز بررسي مي شوند.

- جهت محاسبه نرخ تولید ابتدا با رو توان ( $F$ ) وقایع خرابی در هر سیکل را تعیین کنیم.
- اگر به ازای توقف هر ایستگاه کل ماشین مونتاژ متوقف شود که  $F$  را می توان بوسیله تعداد اتفاقات توقف ایستگاهها در هر سیکل محاسبه کرد.  
(برای یکسان بودن  $m$  و  $g$  های ایستگاه)

$$F = \sum_{i=1}^n p_i = \sum_{i=1}^n m_i g_i$$

یا

$$F = nmg$$

- اگر  $T_c =$  زمان سیکل ایده آل باشد.

و  $T_d =$  متوسط زمان توقف ماشین به ازای هر توقف

$$T_p = T_c + FT_d = T_c + T_d \sum_{i=1}^n m_i g_i$$

متوسط زمان مونتاژ برای هر محصول  
مونتاژی

- در صورت برابري  $g_i, m_i$  ها

$$T_p = T_c + nmgT_d$$

- در نتیجه نرخ تولید برابر است با:

$$R_p = \frac{1}{T_p}$$

- (متوسط نرخ تولید برای محصول معیوبی و نامعیوب)
- باید بدانیم که اگر  $m_i$  برای تمام  $i$  ها برابر یک نباشد تعدادی از محصولات مونتاژ شده دارای یک یا چند قطعه معیوب هستند.
  - بنابراین برای محاسبه نرخ تولید محصولات مونتاژی نامعیوب باید فرمول نرخ تولید اصلاح شود.

$$\text{متوسط نرخ تولید برای محصولات نامعیوب} = R_p = \frac{P_{ap}}{T_p} = \frac{\prod_{i=1}^n (1 - g_i + m_i g_i)}{T_p}$$



$$= R_p = \frac{(1 - g + mg)^n}{T_p}$$

کارایی خط یا ماشین مونتاژ

$$E = \frac{T_c}{T_p} = \frac{T_c}{T_c + \sum_{i=1}^n m_i g_i T_d}$$

یا 
$$E = \frac{T_c}{T_p} = \frac{T_c}{T_c + nmgT_d}$$

- عدم کارایی خط

$$D = 1 - E = \frac{\sum_{i=1}^n m_i g_i T_d}{T_c + \sum_{i=1}^n m_i g_i T_d} \quad \text{یا} \quad D = \frac{nmgT_d}{T_c + nmgT_d}$$

## هزینه هر محصول مونتاژ شده

(هزینه قطعه اصلی و سایر زیر مونتاژها) هزینه مواد اولیه برای هر اندازه  
از محصول مونتاژ شده  $C_m$

(هزینه استهلاک و نگهداری و تعمیرات، زمینه بالا سري، کارگر) هزینه  
هر دقیقه کارکرد خط مونتاژ  $C_l =$

هزینه ابزار به ازای هر محصول  $C_{pc} =$

$$C_{pc} = \frac{c_m = c_l T_p + c_t}{P_{ap}} = \frac{c_m + c_l T_p + c_t}{\prod_{i=1}^n (1 - g_i + m_i g_i)} = \text{هزینه هر ادامه محصول مونتاژ شده}$$

یا برای شرایط مساوی

$$C_{pc} = \frac{c_m + c_l + T_p + c_t}{(1 - g + mg)^n}$$

- در يك ماشين مونتاژ خطي با 10 ايستگاه زمان سيكل ايده آل 6 ثانيه است.
- قطعه پايه اصلي بصورت اتوماتيكي به ايستگاه اول تغذيه مي گردد و بقيه مونتاژها اضافه مي شوند.
  - احتمال خراب هر زير مونتاژ در تمام ايستگاهها برابر  $g = 01/0$  است.
  - احتمال توقف ايستگاه بخاطر عيب زير مونتاژ براي تمام ايستگاهها  $m = 5/0$  است.
  - در صورت توقف ايستگاه متوسط زمان توقف 2 دقيقه است.
  - نرخ متوسط توليد احتمال مونتاژ و محصولات نامعيوب و همچنين کارآيي خط مونتاژ را حساب كنيد.

$$T_p = T_c + nmgT_d = 0.1 + (10)(0.5)(0.01)(2) = 0.2 \quad \text{دقیقه}$$

$$R_p = \frac{1}{0.2} = 5 \text{ واحد / دقیقه} \Rightarrow R_p = 60 \times 5 = 300 \text{ واحد / ساعت}$$

$$\text{احتمال محصولات معیوب} = P_{ap} = (1 - g + mg)^n = (1 - 0.01 + (0.5)(0.01))^{10} = 0.9511$$

$$\text{احتمال مونتاژ محصولات با يك یا بیشتر قطعات معیوب} \quad P_{gp} = 1 - 0.9511 = 0.0489 =$$

## - کارآیی سیستم

$$E = \frac{T_c}{T_p} = \frac{T_c}{T_c + nmg.T_d} = \frac{0.1}{0.2} = \%50$$

مثال:

- می خواهیم میزان تغییرات تغییر مقابل قبلی را به ازای تغییرات  $g$  و  $m$  برآوریم.

$$m = 0.5, n = 0, g = 0.01, g = 0.02 \quad -$$

$$g = 0.01, m = 0.2, m = 0.5, m = 0.8$$

کارآیی	احتمال محصولات نامعیوب	نرخ تولید (تا ساعت / قطعه مونتاژی)	m	g
100	1	600	5/0	0
50	9511/0	300	5/0	01/0
33/33	9044/0	200	5/0	02/0
43/71	9228/0	429	2/0	01/0
50	9511/0	300	5/0	01/0
46/38	9802/0	231	8/0	01/0



- با افزایش  $g$  هر سه معیار بدتر می شوند (نرخ تولید پائین تر) احتمال محصولات نامعیوب کمتر کارایی کمتر)
- با افزایش  $m$  دو معیار (نرخ تولید با سرعت کمتر) کارایی تولید با سرعت کمتر پر می شود و معیار احتمال محصولات نامعیوب خوب می شود.

## دو نوع کنترل خط مونتاژ وجود دارد:

### الف - کنترل حذفی:

این نحوه کنترل باعث توقف فوری عملیات و جریان خط می گردد و اگر يك قطعه معیوب باشد یا عملیاتی اشتباه انجام شود. این کنترل ساده و ارزان می باشد.

چند حساسه در روی خط وجود دارند که موقعیت عیب را سریعاً به امپراتور نشان دهند که تا رفع عیب کند. عیب عمده این استراتژی این است که نرخ تولید کلی در خط پائین می آید.

## ب - کنترل حافظه اي:

این نحوه کنترل خط را متوقف نمی کند و بجای آن بوسیله علائمی قطعه معیوب را در انتهای خط مونتاژ مشخص می کند. مبنای این استراتژی این است که عیب عملیاتی یا قطعه بطور تصادفی است و کمتر تکرار می شود

- البته اگر قطعه معیوبی مجدداً مونتاژ شود شاید دوباره از کل ایستگاهها رد شود.

- بعبارت دیگر قطعه بد مانند قطعه خوب مسیر تولیدی خود را ادامه می دهد.

- يك شمارنده قطعه خوب در انتهای خود لازم است.

- عیب عمده این استراتژی، تعمیر قطعات نامعیوب بعد از انتهای خط است

**مثال:** (جهت بررسی و انتخاب نوع استراتژی کنترل):

برای دو مثال قبل این دو استراتژی را کنترل می‌کنیم:

برای استراتژی حذفی  $m = 1$  ,  $g = 0.01$

یعنی هر عیبی باعث توقف خود می‌شود.

برای استراتژی حافظه ای  $m = 0$  هیچ عیبی باعث توقف خط نمی‌شود.

- هزینه قطعه مبنا  $1/0$  (میلیون ریال)

- هزینه هر جزء  $02/0$  (میلیون ریال) در هر ایستگاه

- بنابراین هزینه کل اجزاء به ازای هر واحد مونتاژ  $= 1/0 + (10 \times 02/0) = 3/0$  (میلیون ریال).

- فرض می‌کنیم این هزینه‌ها شامل خرابی هر جزء می‌باشد ولی شامل خرابی قطعه کل بخاطر مونتاژ اجزاء نامعیوب نمی‌شود.

- هزینه عملیاتی ماشین مونتاژ با استفاده از استراتژی حذفی را 1 (میلیون ریال) در دقیقه در نظر می گیریم.
- حافظه ای (بخاطر پیچیده بودن) 1/1 در دقیقه است.
- هزینه های دیگر قابل صرف نظر کردن هستند.

### استراتژی حذفی

$$T_p = 0.1 + (10)(1.0)(0.01)(2) = 0.3 \quad \text{دقیقه}$$

$$P_{ap} = (1 - 0.01 + (1 \times 1))^{10} = 1$$

$$C_{pc} = \text{هر واحد} / \text{هزینه بطور مونتاژ هر واحد محصول} = 0.3 + 1(0.3) = 0.6$$

## استراتژی حافظه ای

$$T_p = 0.1 + (10)(0)(0.01)(2) = 0.1$$

$$P_{ap} = (1 - 0.01 + (0 \times 0.01))^{10} = 0.9044$$

$$C_{pc} = \frac{0.3 + (1.1 \times 0.1)}{0.9044} = 0.45$$

در این مثال با وجودیکه هزینه قطعات زیاد است ولی هزینه مونتاژ هر قطعه برای استراتژی حافظه ای اقتصادی کمتر است.

- البته در عمل ممکن است:

بواسطه ورود يك قطعه معيوب در استراتژي حذفی، محصول معيوب شده  
بنابراين  $m < 1$  مي شود.  
بواسطه توقف خود بدليل فيزيكي معيوب  $m > 0$  مي گردد.

سيكل يك ماشين مونتاژ تك ايستگاهي:

شكل:



يك قطعه مبنا و چند قطعه زير مونتاژ به ايستگاه تغذيه مي شوند.  
 - 8 تعداد عناصر مونتاژي است.

- هر عنصر مونتاژ داراي زمان  $T_{ei}$  مي باشد.  $i = 1, \dots, n$

- زمان سيكل ايده آل براي يك ماشين مونتاژ تك ايستگاهي عبارتست از مجموع زمان هاي عناصر مونتاژي بعلاوه زمان حمل و تغذيه  
 - قطعه مبنا و تخليه محصول كامل شده:

$$T_c = T_n + \sum_{i=1}^n T_{ei}$$

$$T_n = \text{زمان حمل و نقل}$$

- خیلی از این عناصر مونتاژی وظیفه الحاق يك جزء را به زیر مونتاژ موجود هستند.
- همانند سیستم مونتاژی چند ایستگاهی در ماشین تك ایستگاهی هم از جزء داراي يك احتمال معیوب بودن  $g_i$  و همینطور احتمال توقف ایستگاه بواسطه این جزء یعنی  $m_i$  می باشد.
- فاصله زمانی رفع عیب از ایستگاه و شروع مجدد آن را  $T_d$  گوئیم.

$$T_p = \text{زمان مونتاژ} = T_c + \sum_{i=1}^n g_i m_i T_d$$

- اگر در يك عنصر مونتاژي قطعه اي به زير مونتاژ اضافه نشود.

$$g_i = 0$$

- مثلاً فرض کنید که يك عنصر کاري قرار دادن پیچ و مهره باشد و عنصر بعدي بستن آنها که در عنصر دوم قطعه اي اضافه نشده است

- اگر در موارد خاص  $g_i$  و  $m_i$  براین تمام عناصر یکسان باشند

$$T_p = T_c + nmgT_d$$

- براي تعيين احتمال و تعداد قطعات مونتاژي تکميل شده اي که فاقد اجزاء مونتاژي معيوب باشند. از فرمولهاي مشابه چند ايستگاهي استفاده مي شود.

$$P_{api=1} = \prod (1 - g_i + m_i g_i)^n$$

احتمال اينکه محصول مونتاژ شده که حداقل يك جزء را معيوب داشته باشد.

$$P_{ap} = 1 - \prod_{i=1}^n (1 - g_i + m_i g_i)$$

$$\text{نرخ مونتاز محصولات نامعیوب} = R_{ap} = \frac{P_{ap}}{T_p}$$

- کارآیی

$$E = \frac{T_c}{T_p} = \frac{T_c}{T_c + \sum_{i=1}^n g_i m_i T_d} = \frac{T_n + \sum_{i=1}^n T_{ei}}{T_p}$$

- يك ماشين مونتاژ تك ايستگاهي 5 عنصر كاري را براي مونتاژ 4 جزء به يك قطعه مبنا بكار مي رود.

عنصر كاري	شرح	زمان (ثانيه)	g	m
1	اضافه كردن دنده	4	02/0	1
2	اضافه كردن جدا كننده	3	01/0	6/0
3	اضافه كردن دنده	4	015/0	8/0
4	اضافه كردن دنده و جاسازي	7	02/0	0/1
5	بستن	5	0	-

- زمان تغذیه قطعه مبنا 3 ثانویه
- زمان تخلیه = کاری شده 4 ثانیه
- زمان رفع عیب از ماشین بواسطه توقف 5/1 دقیقه
- نرخ تولید، احتمال نامعیوب بودن قطعات مونتاژی و کارایی ماشین

$$T_c = T_n + \sum_{i=1}^n T_{ei} = 3 + 4 + (4 + 3 + 4 + 7 + 5) = 305 = 0.5 \text{ دقیقه}$$

$$T_p = T_c + \sum_{i=1}^n g_i m_i T_d = 0.5 + 1.5[(0.02 \times 1) + (0.01 \times 0.6) + (0.015 \times 0.8) + (0.02 \times 1) + 0]$$

$$= 0.5 + 0.087 = 0.587 \text{ دقیقه}$$

$$\text{نرخ مونتاژ} = \frac{1}{0.587} = 102.2 \quad \text{ساعت / قطعه}$$

$$P_{ap} = \text{احتمال قطعات نامعیوب} = (1.0)(0.996)(0.997)(1.0) = 0.993$$

$$\text{نرخ مونتاژ محصولات نامعیوب} R_{ap} = \frac{P_{ap}}{T_p} = \frac{0.993}{0.587} = 101.5 \quad \text{ساعت / قطعه}$$

$$E = \text{کارآیی} = \frac{T_c}{T_p} = \frac{0.5}{0.587} = \%85.18$$



- هر چه تعداد عناصر کاري در ماشين مونتاژ بيشتتر شود زمان سيکل بيشتتر شده و در نتيجه نرخ توليد کاهش مي يابد.
- بنا بر اين در اين مونتاژ تك ايستگاهي محدود به هم توليد يا اين و نرخ توليد پائين است.
- براي نرخ توليد بالا بهتر است از سيستم هاي مونتاژ چند ايستگاهي استفاده شود.

يك ماشين مونتاژ Dial داراي 6 ايستگاه هست كه عمليات مونتاژ زير را انجام دهد.

ايستگاه	شرح عمليات انجام شده	(S) زمان عمليات	احتمال معيوب بودن قطعه	احتمال توقف ماشين بخاطر اين قطعه
1	اضافه كردن قطعه A	4	015/0	6/0
2	بستن A	3	0	0
3	مونتاژ قطعه B	5	01/0	8/0
4	اضافه كردن قطعه C	4	02/0	0/1
5	بستن C	3	0	0
6	مونتاژ قطعه D	6	01/0	5/0

زمان حرکت میز از يك ایستگاه به ایستگاه دیگر 2 ثانیه  
 - در صورت توقف ماشین 5/1 دقیقه نیاز به رفع عیب ماشین و بازگشت  
 به تولید.

- نرخ تولید ماشین Dial؟

-احتمال و نرخ تولید محصولات نامعیوب؟

- کارآیی سیستم:

$$T_c = T_h + \sum_{i=1}^n T_{ei} = \left( \frac{n+1}{7} \right) \times 2 + (4 + 3 + 5 + 4 + 3 + 6) = 14 + 25 = 39$$

$$T_Q = T_c + \sum_{i=1}^n g_i m_i T_d = 39 + 90[(0.015 \times 0.6) + (0.01 \times 0.8) + (0.02 \times 1) + (0.01 \times 0.5)]$$

$$= 39 + 90(0.009 + 0.008 + 0.02 + 0.005) = 39 + (90 \times 0.042)$$

$$= 39 + 3.78 = 42.78 \text{ ثانیه}$$

$$\text{نرخ مونتاژ} = \frac{1}{42.78} = 83.7 \text{ ساعت / قطعه}$$

$$P_{ap} = \prod_{i=1}^n (1 - g_i + m_i g_i) = (0.985 + 0.009)(1 + 0)(0.99 + 0.008) + (0.98 + 0.02)$$

$$(1 + 0)(0.99 + 0.005) = 0.994 \times 0.998 \times 0.995$$

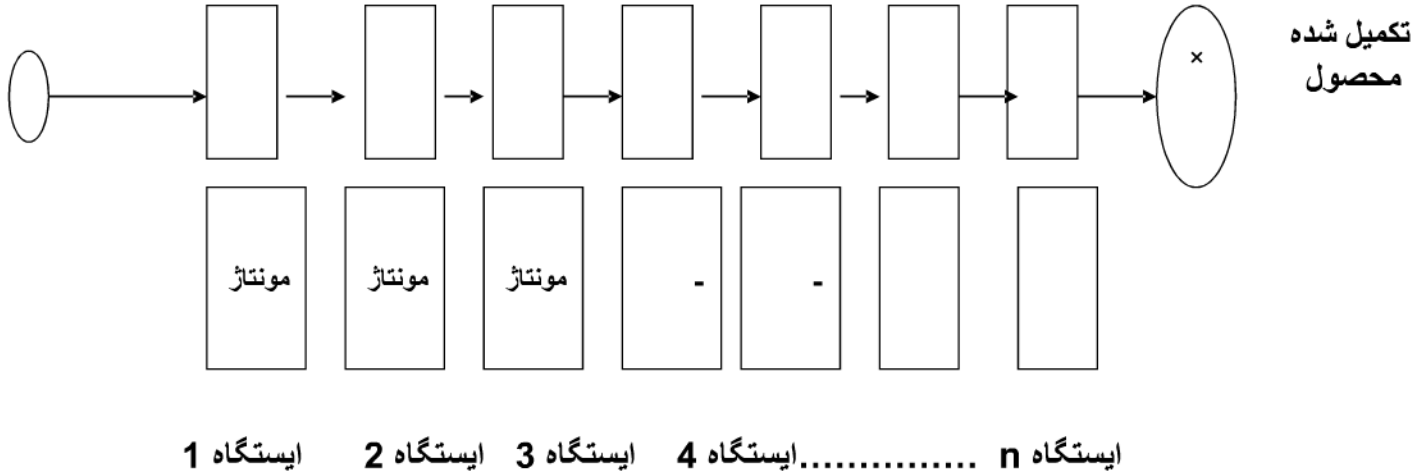
$$R_{ap} = \frac{P_{ap}}{T_p} = \frac{\quad}{42.78}$$

$$G = \frac{T_c}{T_p} = \frac{39}{42.78} = \%92.8$$

## خطوط جریان اتوماتيك:

- يك خط جريان اتوماتيك شامل چندین ماشین یا ایستگاه کاری است که بوسیله تجهیزات حمل و نقل به هم مرتبط هستند.
- حمل و نقل بین ایستگاهی و ماشین آلات و همچنین فرآیند ماشین ها اتوماتيك است.

ماده خام یا  
قطعه مبنا



- مونتاژ، فرآیند تولید، بازرسی و مرتب سازی جزء عملیات هر ایستگاه می تواند باشد.
- تمام موارد فوق اتوماتیک هستند.
- $\phi$  قطعات نیم ساخته
- $\circ$  قطعات مبنا یا خام
- $\otimes$  محصولات نهایی شده
- انبار 

$\phi\phi\phi$
----------------
- حمل و نقل مواد  $\longrightarrow$
- جهان اطلاعات  $\dashrightarrow$

- از انبارهاي مياني بين ايستگاهها استفاده مي شود.  
- بعضي از عمليات كه توجيه اقتصادي ندارد با مشكل هستند را توسط دست انجام مي دهيم.

- خطوط جريان اتوماتيك بطور كلي در مواردی كه عمر محصول نسبتاً پايدار است و تقاضاي محصول زياد است كه بدنبال آن نرخ توليد بايد بالا باشد و همچنين چندین نوع روش توليد وجود دارد بسيار مناسب هستند.

### - اهداف اتوماسيون خط جريان:

الف - کاهش هزينه نيروي انساني كاري

ب - افزايش نرخ توليد

ج - کاهش قطعات نيم ساخته

د - حداقل ممكن فاصله حمل و نقل بين عمليات

ه - حرفه اي شدن عمليات

و - يکپارچگی عمليات



## - خط جریان اتوماتيك به دو حالت وجود دارد:

### الف - نوع خطي يا مستقيم:

- يكسري ايستگاه كاري كه بصورت خط مستقيم استقرار يافته اند.  
- حتي اگر چند گردش  $90^\circ$  در مسير حركت بدليل مرتب سازي قطعات، محدوديت طرح كارخانه يا دلایل ديگر وجود داشته باشد هنوز اين مدل خطي است.

- يك نمونه متداول از جريان خطي شكل مستطيلي است كه به كارگر اجازه مي دهد تا هم تغذيه مواد اوليه يا قطعه مبنا را انجام دهد و هم تخلیه قطعه تمام شده.

## ب - نوع دورانی:

- در این حالت مسیر حرکت قطعات روی يك دایره می باشد.
- در این حالت ایستگاهها در خارج محیط دایره قرار می گیرند.
- قطعات به میز دوار سوار شده و در نوبه خود به قطعه نیم ساخته متعلق می شوند.
- این نوع تجهیزات را ماشین Dial نیز نامند.

شکل:

- انتخاب حالت خط بستگي به کاربرد آن دارد.
- حالت دوراني محدود به قطعات ريزتر و تعداد ايستگاههاي کمتر است (ابعاد Dial)
- بطور كلي انعطاف پذيري در طراحي حالت دوراني کمتر است. مثلاً: در حالت Dial يا دوراني قابليت داشتن انبارك ها را محدود کرده است.
- از طرف ديگر خط دوراني قيمت تمام شده پائين محصول و فضاي کمتری می گیرد.
- طراحي خط جريان مستقيم براي قطعات بزرگ و تعداد زياد ايستگاههاي کاري مفيد است.
- خط جريان مستقيم قابليت استفاده از انبارك هاي مياني براي هموار سازي توليد را داراست.

قبلاً اشاره شده است:

- پیوسته
- گستر
- زنده- مرده
- پاکتی

## مکانیزم های انتقال

- الف – مکانیزمهای خطی
- ب – مکانیزمهای انتقال دوام

- ذخیره سازی قطعات در بین ایستگاهها و استفاده از ظرفیت این انبارك ها در خیلی از موارد مفید است.
- مثلاً دو سیستم انتقال گسسته را در نظر بگیرید که هیچ يك ظرفیت ذخیره سازی قطعات را ندارند ولي بوسیله يك منطقه ذخیره سازی به هم متصل شده اند.
- بدین وسیله می توان دو، سه پالتي بیشتر از سه خط را بهم متصل کرد.
- در مورد انتقال زنده – مرده نیز این انبارك ها مفید می باشند.

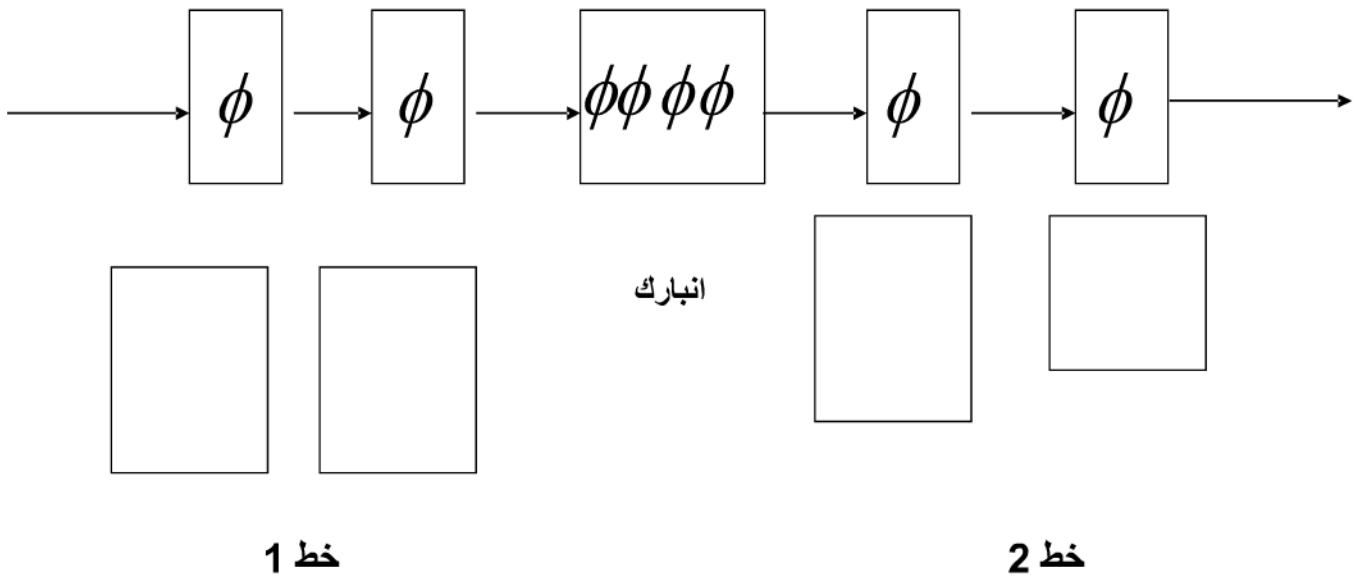
- دو دلیل اصلی برای استفاده از انبارك ها عبارتند از:

الف - کاهش اثر توقف ایستگاه های اختصاصی در عملیات کل خط اتوماتیک

دلایل این عمده توقف خط تولید:

- عیب ابزار یا عدم تطبیق ابزار در ایستگاهها
- تعویض برنامه ریزی شده و زمانبندی شده ابزار
- قطعات یا اجزاء معیوب در ایستگاهها
- پر کردن نگهدارنده قطعات غیر تغذیه کننده ها
- کلیدهای محدود کننده الکترونیکی
- عیوب مکانیکی سیستم انتقال یا ایستگاههای کاری

زمانبندی يك توقف در خط زمانی می دهد، هدف انبارك ها حفظ حرکت پیوسته در ایستگاههای بعدی می باشد.  
- مثلاً فرض کنید دو خط جریان اتوماتیک وجود دارند:



- وجود انبارك باعث مي شود اگر خط 1 خراب شد تا جائيكه قطعه لازم خط 2 ادامه دهد.
- وجود انبارك باعث مي شود و اگر خط 2 خراب شد تا جائيكه انبارك جا دارد خط 1 ادامه دهد.
- تحليل مقداري اثر انبارك ها رد قسمت هاي بعدي ارائه مي دهد.
- ب - هموار سازي اثرات ناشي از انحراف معيارها از زمان سيكل توليد
- اين انحرافات بين ايستگاههاي اتوماتيك يا در يك ايستگاه (دستي) از يك سيكل به سيكل ديگر رخ مي دهد.
- فرض كنيد كه ايستگاههاي يك خط مونتاژ اتوماتيك است جزء يكي:
- در اين ايستگاه عمليات دستي از يك شكل به شكل ديگر داراي زمان متفاوتي هستند.
- در اين حالت ما بايد از بين يك سيستم گسسته بدون ظرفيت ذخيره سازي يا يك سيستم زنده مرده يكي را انتخاب كنيم.



- برای 100 شکل اطلاعات زیر از يك عمليات دستي بدست آمده است:
- |         |         |            |            |     |
|---------|---------|------------|------------|-----|
| 7 ثانیه | 2 اتفاق | 2%         | - 10 ثانیه | 38% |
| 8 ثانیه | 10%     | - 11 ثانیه | 20%        |     |
| 9 ثانیه | 18%     | - 12 ثانیه | 12%        |     |
- متوسط 10 ثانیه است.

ولي اگر انتقال بصورت گسسته است شکل آن باید 12 ثانیه باشد تا کارگر بتواند کار خود را تمام کند.

- نرخ تولید در حالت گسسته 300 واحد در ساعت خواهد شد.

- اگر زمان شکل خط به 11 ثانیه تغییر کند نرخ تولید 327 خواهد شد  
ولي 12% اوقات کارگر امکان تمام کردن کار را ندارد.

- بنابراین نرخ واقعی

$$327 \times 88/0 = 288 \quad \text{ساعت / واحد}$$

تعداد قطعه کامل مونتاژ شده تحت شرایط بالا

- اگر زمان شکل به 10 ثانیه تقلیل یابد نرخ تولید 360 و لی (12+20) % اوقات

$$\Rightarrow 360 \times 8/0 = 245 \quad \text{واحد / ساعت}$$

نرخ واقعی تولید

- با يك سيستم انتقال مرده – زنده خط قادر است که بطور آلي بعد و قبل از

ایستگاه دستي قطعات موجود را جمع آوري کند.

- بنابراین کارگر مجاز است که در وقت مناسب کار را تمام کند.

- هر چه متوسط نرخ خروجي کارگر با خط انتقال نزدیک شود خط هموار تر

حرکت مي کند.

- تحت این شرایط خط انتقال را با متوسط زمان کارگر معيني 10% همساز

کرده و نرخ تولید 360 واحد در ساعت خواهد بود.

## - عيب انبارك ها در خطوط جريان اتوماتيك

- 1- افزايش سطح مورد نياز و فضاي مورد نياز در كارخانه
  - 2- افزايش قطعات نيم ساخته
  - 3- افزايش تجهيزات حمل و نقل مورد نياز
  - 4- پيچيدگي بيشتري چريان سراسري در الكل خط
- البته مزايای انبارك ها این عيوب را پوشش مي دهند.

- كنترل خط جريان اتوماتيك مخصوصاً در مواردی كه قدمهاي متوالي زياد باشد پيچيده است.

سه عامل اصلي براي كنترل عمليات يك سيستم انتقال اتوماتيك بكار مي رود.

- 1 - نيازمندی عملياتي
- 2 - نيازمندی ايمني
- 3 - بهبود كيفيت

## 1- کنترل توالی:

- هدف از این تابع هماهنگ کردن توالی عملیات در سیستم انتقال و ایستگاههای خط جریان اتوماتیک است.
- کنترل توالی به عنوان مبنای عملیات خط جریان است.

## 2- کنترل ایمنی

- این تابع ها را مطمئن می سازد که سیستم انتقال در يك حالت ناامن یا خطرناك كار نمی کند.
- تجهیزات حماسه جهت بررسی شرایط خاص عملیات با ماشین آلات برای ادامه فعالیتشان ممکن است نصب گردند.
- دیگر موارد کنترل می تواند کنترل مسیرها و قدمهای بحرانی در تابع کنترل توالی باشد که انجام صحیح و مرتب آنها اطمینان حاصل گردد.
- فشار هوا با هیدرولیک نیز در بعضی از عملیات بحرانی باید کنترل شوند.

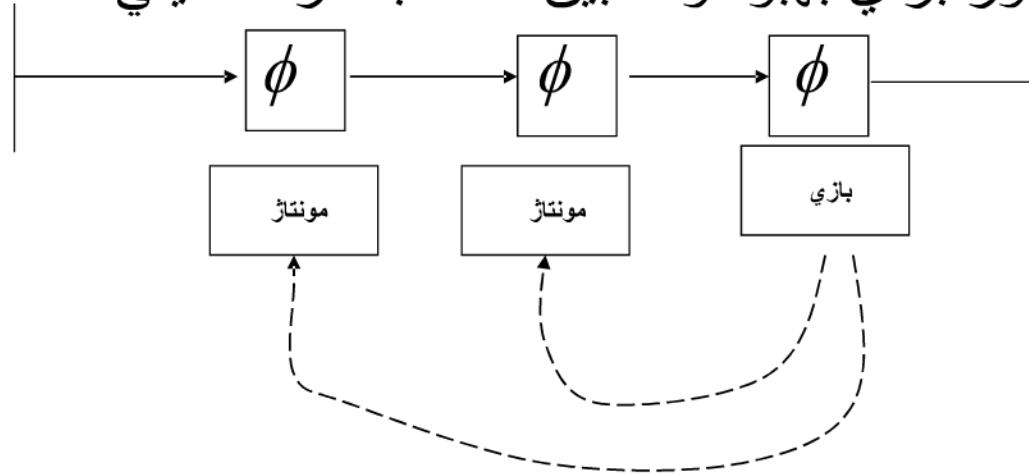
### 3- کنترل کیفیت:

- کنترل مشخصه های معین کیفی قطعات

- هدف از این کنترل شناخت و بر گردان قطعات مونتاژی است که احتمالاً معیوب هستند.

- بعضی از تجهیزات بازرسی گاهاً به ایستگاههای موجود فرآیندی اضافه می شوند.

- در غیر اینصورت این تجهیزات بازرسی جز از خط قرار می گیرند. بازرسی با باز نور برای بهبود و تطبیق قطعه با شرایط کیفی



- Pic ها يکي از تجهيزات پيشرفته جهت کنترل و مونيتوسيگ هر سه موارد (توالي) ايمني و کيفيت هستند.  
(Programmable Logic Control)

- تفکر سنتي در برخورد با خط اين بود که اگر سيستم کنترل لازم بداند خط متوقف شود.

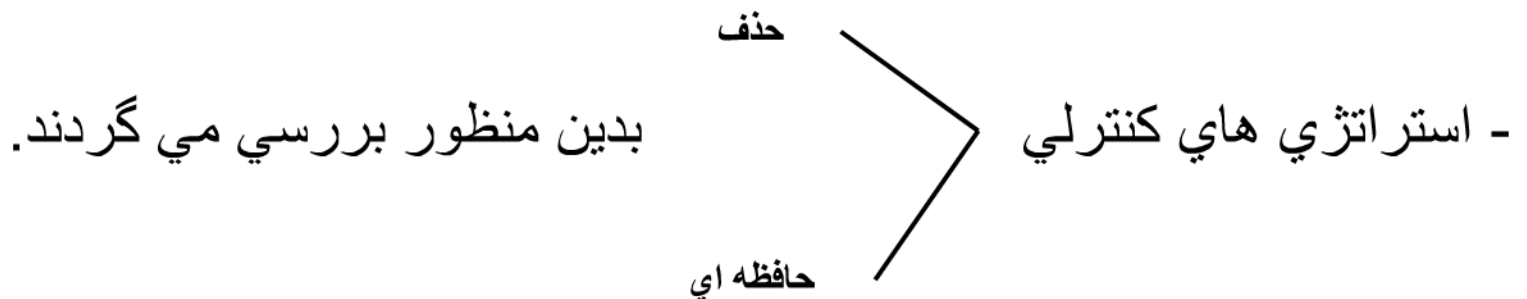
- ولي در موارد بسياري مي توان بدون توقف خط، عيب سيستم را بر طرف کرد.

- براي مثال فرض کنيد که يك سيستم تغذيه براي يك ماشين مونتاژ اتوماتيك عيب پيدا کرده و تغذيه را انجام نمي دهد.

- با فرض اينکه اين عيب تصادفي بوده و غير تکراري، شايد بهتر باشد که عمليات ادامه يابد و سپس قطعه مورد نظر از عمليات بعدي خارج شود.

- در حالیکه اگر ماشین متوقف می شود کل ایستگاهی متوقف و در نرخ تولید پائین می آید.

- مبنای تصمیم گیری در مورد توقف خط یا ادامه عملیات، مفاهیم احتمالی و اقتصادی است.





- وقتی که يك شرکت تصميم مي گيرد که از خطوط يا سيستم هاي اتوماتيك مونتاژ توليد استفاده کند بايد در مورد يکسري از ويژگيهاي قطعه تصميم گيري نمايد.

- در طراحی و ساخت يك خط جريان اتوماتيك مونتاژ بعضي از جزئیات که بايد مدنظر قرار بگيرند عبارتند از:

الف - آیا خط جريان اتوماتيك بوسيله افراد داخل شرکت

طراحی شده است با شرکت هاي خارج از شرکت

ب - اندازه، وزن، هندسه و مواد قطعات

ج - اندازه، وزن و تعداد اجزاء در هر مونتاژ

د - تواسرانس قطعات

ه - انواع و توالي قطعات

- الف – آیا خط جریان اتوماتیک بوسیله افراد داخل شرکت طراحی شده است  
با شرکت های خارج از شرکت
- ب – اندازه، وزن، هندسه و مواد قطعات
- ج – اندازه، وزن و تعداد اجزاء در هر مونتاژ
- د – تواسرانس قطعات
- ه – انواع و توالی قطعات

- پایایی ایستگاهها و مکانیزم انتقال و پایایی کل خط
- ظرفیت ذخیره سازی انبارك ها
- راحتی نگهداری و تعمیرات
- ساختارهای کنترلی مورد علاقه
- فضاي ساختمانی در دست
- انعطاف پذیری خط برای تغییرات آتی احتمالی در طرح محصول

- انعطاف پذیری خط برای مونتاژ بیش از یک قطعه خاص
- هزینه اولیه خط
- هزینه عملیاتی و ابزار برای خط

در توسعه خط جریان اتوماتیک دو نگرش وجود دارد.

- الف-** استفاده از ماشین ابزار های است استاندارد و دیگر تجهیزات فرآیندی و مونتاژی در ایستگاهها و ارتباط دادن آنها به هم با تجهیزات حمل و نقل استاندارد یا ویژه.
- سخت افزار حمل و نقل بعنوان سیستم انتقال عمل کرده و حرکت می کند و قطعه را تغذیه می کند و بر می گرداند.
- در این حالت خط ماشین آلات را "خط اتصال" هم گویند.
- ماشین های اختصاصی یا بطور اتوماتیک یا دستی عمل می کنند.

- کارخانجات غالباً ترجیح می دهند که "خط اتصال" را به کمک متخصصان داخلی و حمل و نقل داشته باشد.
- محدودیت "خط اتصال" این است که از ماشین آلات موجود در کارخانه استفاده می کند و قطعات ساده تر و کوچکتر را تولید می کند چون سیستم حمل و نقل نیز عمده است.
- البته کاربرد رباتهای صنعتی این خطوط را کارآمیز می کند.
- این نوع خط جریان بیشتر برای عملیات پایانی، پرسکاری، نورد، تولید چرخ دنده، بکار می رود.

- ب - نگرش بعدي در توسعه خط جريان اتوماتيك، در خواست راه حل در مورد خطوط انتقال، ماشين آلات مونتاژ با ديگر تجهيزات توليدي از يك متخصص ماشين ابزار خارج از شركت است.
- اين كار از طريق مناقصه انجام مي گيرد.
  - ماشين آلات اين خط از اصل "بلوك ساختي" تبعيت مي كنند.
  - يعني خط جريان خاص منظوره و براي توليد محصولات خاص طراحي مي شود كه ايجاد اجزاء استاندارد را بر عهده دارد.
  - اين اجزاء استاندارد شامل سيستم مبنا يا انتقال است كه خط جريان را قادر به انجام عمليات متنوع مونتاژي مي ناميم. (ص 103).
  - مثلاً براي خطوط انتقال برش فلزات، مكانيزم تغذيه، اسپندل و منبع نيرو نياز است.
  - اين اجزاء داراي ميز كار نيستند و به سيستم انتقال كه منطبق به قطعه است، وصل مي شوند.

- این نوع نگرش یا خط جریان را "خط جریان تطبیق" می نامند.
- نرخ تولید بالا با این حالت محتمل تر است.
  - این حالت فضاي کارخانه کمتری را به خود اختصاص می دهد.
  - هزینه اولیه این نگرش آنرا فقط برای تولید طولانی و محصولی که تغییر طراحی کمتری دارد مناسب می سازد.
  - این خط جریان معمولاً در ماشین کاری قطعات موتور خودرو، ماشین آلات مونتاژ انواع خودکارها، اقدام سخت افزاری کوچک، قطعات مونتاژی الکتریکی و ...
- (101 و 100 و 99 و 98 و 86)

## سیستم های مونتاژ انعطاف پذیر

- ایستگاههای کاری می توانند متوالی یا موازی باشند.
- مونتاژ گر ها ربات هستند.
- چند محصول مونتاژ می شود.
- سیستم حمل و نقل مواد قادر است که قطعات را در بین هر جفت از ایستگاهها میسر سازد.
- اولین FAS ها برای مونتاژ قطعات الکترونیکی مدار جایی طراحی شدند.
- سیستم های FAS اخیر برای مونتاژهای مکانیکی بکار می روند.
- در FAS کیفیت تحت الشعاع دقت موقعیت دهی، تکرار پذیری و تأیید قطعه است.

- در FAS براي بدست آوردن جهت صحيح قطعه (مرتب کردن) از تغذيه کننده هاي كاسه اي ارتعاشي و سيستم هاي بازبين استفاده مي شود.
- قسمت مرتب کننده را مي توان بصورت كامپيوتري يا مكانيكي ساخت.
- نکته مهم در FAS طراحي قطعات با استفاده از تقارن هندي آشكار آنها براي تسهيل در مونتاژ است.
- نکته ديگر استفاده از عمليات مونتاژي 7 دوار FAS است.
- مثلاً ربات ها اتصالات قيد و بستي را راحت تر از پيچ در جاي خود قرار مي دهند.
- مثلاً ربات ها اتصالات چسبي را راحتتر انجام مي دهند.



در FAS طراحی برای مونتاژ بسیار مهم است یعنی:

- 1- کمینه کردن تعداد اجزاء جابجا شونده.
- 2- طراحی يك قطعه مبنا که بتواند در يك موقعیت پایدار ثابت نگهداشته شود و عملیات مونتاژ بر روی آن صورت گیرد.
- 3- طراحی محصولات گوناگون بگونه ای که از روش های مونتاژ و جابجایی مشترك استفاده کنند.
- 4- حداقل کردن مسیرهای مونتاژ، بویژه استفاده از نیروی جاذبه
- 5- کاربرد راهنماهای جهت تسهیل در موقعیت دهی دقیق.
- 6- حداقل کردن حجم و تعداد انواع قید و بست ها و پرهیز از عملیات اتصال دشوار.
- 7- طراحی اجزاء با هدف پرهیز از در هم پیچیدن آنها در موقع تغذیه شدن.

- 8- در صورت امکان استفاده از اجزاء متقارن و در صورت عدم امکان، اغراق در ویژگیهای نامتقارن جهت تسهیل در شناسایی و جهت دادن.
- 9- طراحی قطعات بگونه ای که فقط روشهای درست مونتاژ جهت الحاق قطعات بکار روند.

- زمان عمل در FAS بسیار کوتاهتر از FAS است. یعنی عملیات برداشتن و گذاشتن و کاربرد چسبنده ها و جایگذاری سریع انجام می گردد.

- در FAS سیستم های مختلف انتقال و مکانیزم های مختلف قابل استفاده هستند.

قطعه	a	b	c
مبنا	d	e	f

انبارک ها	a	b	c	d	E	f
1	10	12	15	11	20	21
2	10	10	13	15	19	21
3	14	10	10	21	16	16
4	21	12	10	26	13	13

انبارک ها

1
2



ربات

3
4

فاصله تغذیه کننده  
ها از انبارک ها  
(متد) و سرعت  
ربات 5/0 m/s

زمان حرکت (ثانیه)

	1	2	3	4
A	2	5/1	4	5/3
B	5/2	2	5/2	2
C	4	5/3	2	5/1

زمان D را که مرهومی است صفر بگیرید.

- ماشين هاي انتقال گسسته و پيوسته بدون انبارك
- مي خواهيم تحليل كنيم كه در اين خطوط اگر توقف روي دهد چه اتفاقي در ايستگاه رخ مي دهد

حد بالا: بهنگام توقف قطعه از ايستگاه خارج نمي شود.

حد پائين: بهنگام توقف قطعه از ايستگاه خارج مي شود.

- دو نگرش وجود دارد

- این نگرش حد بالایی تکرار توقفات خط را برآورد می کند.
  - در این نگرش فرض بر این است که قطعه در صورت توقف ایستگاه از آن خارج نمی شود.
  - در این نگرش احتمال اینکه بخاطر يك قطعه خاص چندین ایستگاه متوقف شود، وجود دارد.
  - مثالهایی که شامل این نگرش می شوندو نیایی نسبت که قطعه از ایستگاه خارج شود.
- 1- اختلال و نقص سیستم هیدرولیکی مکانیزم تغذیه قطعه
  - 2- فرسایش ابزار برش و نیاز به تعویض آن
  - 3- نزدیک شدن ابعاد قطعه به حدود تولرانس.

احتمال معيوب قطعه در ايستگاه  $P_i =$  ام و توقف ايستگاه  
 اميد رياضي تعداد توقفات خط براي هر قطعه در هر شكل

$$F = \text{احتمال اينكه قصد در ايستگاههاي مختلف توقف کند} = \sum_{i=1}^{\wedge} P_i$$

$$P_i = m_i g_i$$

$$F = \sum m_i g_i \quad F = np \quad \leftarrow \quad P_1 = P_2 = P_n$$

- در يك خط انتقال 10 ايستگاه احتمال توقف يك ايستگاه به ازاي قطعه معيوب 1% است.
- اين احتمال براي هر 10 ايستگاه يكسان است.

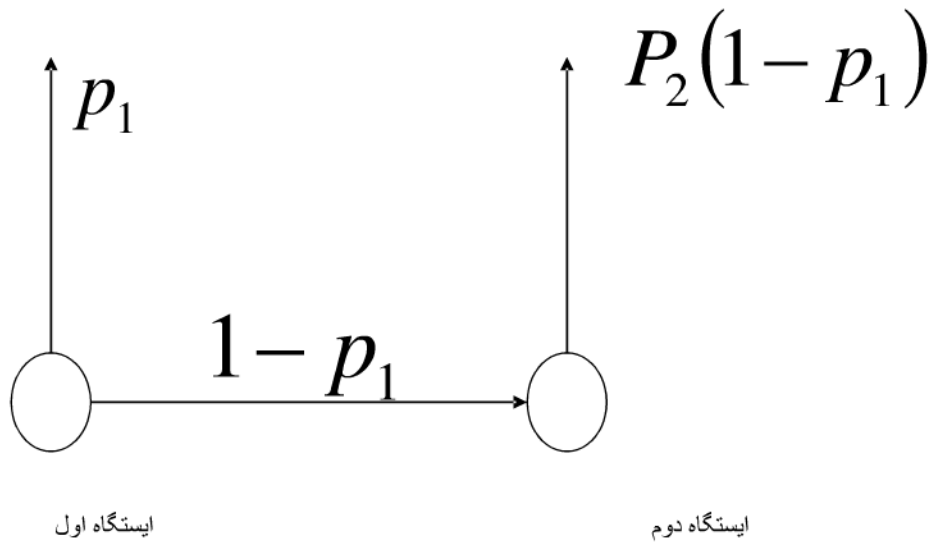
$$F = 10 \times 0.01 = 0.1$$

### نگرش حد پائين:

- اين نگرش حد پائين تکرار توقفات خط را برآورد مي کند.
- در اين نگرش توقف ايستگاه باعث خرابي قطعه مي شود و بنا بر اين بايد از ايستگاه خارج شود.
- مثلاً شکست مثلاً در قطعه که باعث مي شود امکان انتقال قطعه به ايستگاه بعدي از بين برود.

$$P_i = \text{احتمال معیوب بودن قطعه در ایستگاه } i \text{ ام} = m_i g_i$$

احتمال عبور قطعه از ایستگاه  $i$  ام با وجود معیوب بودن آن  $1 - P_i =$   
 - در مورد 12 ایستگاه





احتمال معیوب بودن و توقف در ایستگاه دوم  $(1-p_1)p_2 = (1-m_i g_i)m_2 g_2$

احتمال اینکه قطعه در ایستگاه  $i$  ام باعث توقف شود  $= P_i(1-P_{i-1})(1-P_{i-2})\dots(1-p_2)(1-p_1)$

$$= \prod_{i=1}^n (1-P_i)$$

احتمال اینکه قطعه بدون توقف خط از کل ایستگاهها عبور کند

تواستتر توقف خط در هر شل یا تعداد قطعه خارج شده از خط  $\Rightarrow F =$

$$= 1 - \prod_{i=1}^n (1-p_i) \quad \Rightarrow \quad F = 1 - (1-p)^n$$

- در نگرش حد پائین تعداد قطعاتی که از خط خارج می شوند از تعداد قطعاتی که وارد خط می شوند کمتر است.
- در این حالت نرخ تولید باید اصلاح شود.

نرخ تولید در روش حد پائین  $R_p = \frac{1-F}{T_p} = \frac{\prod_{i=1}^n (1-p_i)}{T_p} = \frac{\prod_{i=1}^n (1-P_i)}{T_c + FT_d}$

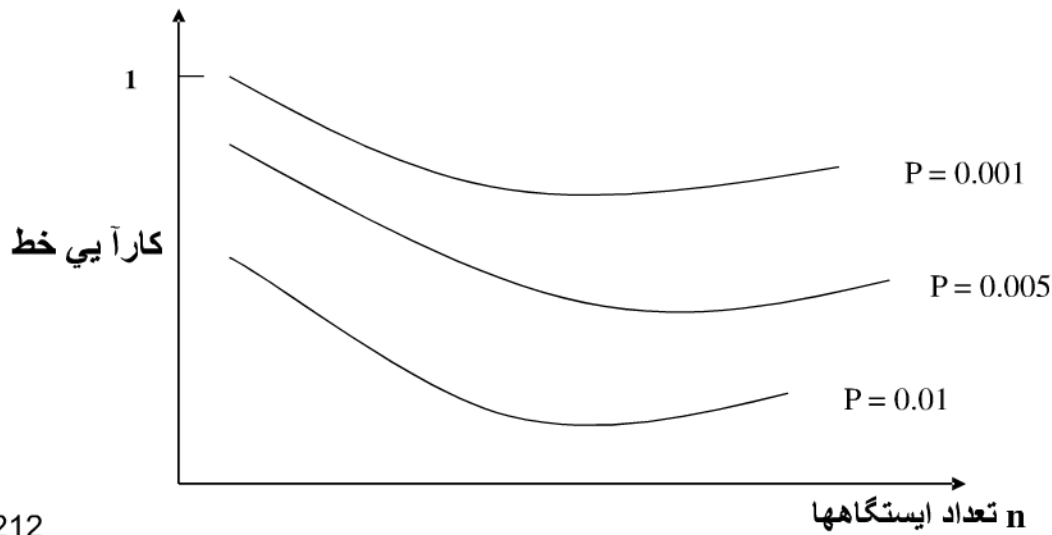
- اگر هیچ قطعه معیوبی دوباره کاری نشود  $F$  درصد ضایعات است.
- اگر هیچ قطعه معیوبی دوباره کاری نشود  $1-F$  احتمال تولید قطعه سالم تولید شده است.

برای مثال قبل:

$$F = 1 - (1 - 0.01)^{10} = \%956$$

- اگر  $T_p = 1.5736$  دقیقه باشد.

$$R_p = \frac{1 - F}{T_p} = 0.575 \text{ دقیقه / قطعه}$$



- بعضي مواقع در در بعضي از خطوط اتوماتيك قطعات از ايستگاه خارج مي شوند و بعضاً خارج نمي شوند.
- در نتيجه توستر توقفات خط بين حد بالا و حد پائين خواهد بود.
- در حالت كمی حد بالا ترجیح داده مي شود زیرا محاسبات آن ساده تر است.

عوامل ديگري نیز در توقف خط فعاليت دارند که بطور مستقيم به ايستگاه مربوط نيستند ولي بايد در محاسبات تعيين کارآيي خط ملاحظه شوند.

- 1- عيوب تيم و مکانيزم انتقال قطعات در خط
- 2- زمانبندي تغيير ابزار در تمام ايستگاهها
- 3- نگهداري و تعميرات ابزار در تمام ايستگاهها
- 4- تعمير محصول

مهمترین قسمت در محاسبات مربوط به حد بالا و پائین محاسبه  $P_i$  است.

- شاید بهترین راه محاسبه استفاده از سوابق تجربی و داده های ایستگاهی مشابه باشد

### چند نکته:

- کارایی خط با افزایش تعداد ایستگاهها کم می شود. (شکل ص قبل).
- مثلاً در مورد خطوطی که دارای 100 ایستگاه بیشتر باشد شاید 50% مواقع خط متوقف باشد.
- محاسبات بار فلش حد بالا ارزش نرخ تولید را بیشتر ولی کارایی را کمتر نشان می دهد.
- زیرا در نگرش حد پائین احتمال توقف کاهش می یابد ولی تعداد تولید کم می شود.

- مثالهای زیادی موجود دارد که بعضی از خطوط نیم اتوماتیک و نیم دستی هستند.

### دلایل:

- 1- مکانیزه کردن از عملیات به عملیات و از ایستگاه به ایستگاه ارائه می یابد عبارت دیگر اتوماسیون خط جریان مرحله ای است بنابراین در مقطعی این خط نیم اتوماتیک است.
- 2- بنا به دلایل اقتصادی بعضی از عملیات به حالت دستی با صرفه ترند. بنابراین ممکن است چند محاسبات در خط دستی انجام گیرند (فعالیت‌هایی که برای انجام آنها نیاز به مهارت خاصی وجود دارد).

- بعضي از عمليات مونتاژ يا بازرسي به حالت دستي با صرفه ترند.
- بعضي از عيوب قطعات براحتي توسط انسان مشخص مي شوند ولي براي اتوماتيك كردن آنها نياز به تعميرات زيادي است.
- مسئله ديگر اين است كه تعميرات فقط قادرند آن عيبي را كه در برنامه خود دارند تشخيص دهند ولي انسان مي تواند چند وي باشد.
- در اتوماسيون جزيي فرض مي كنيم كه عمليات دستي باعث توقف خط نمي شوند زيرا انسان انعطاف پذير است.

$n$  : تعداد كل ايستگاهي

$n_a$  : تعداد ايستگاههاي مكانيزه

$T_c$  : گلوگاه خط كه معمولاً مربوط به ايستگاهها دستي است.

$P_i$  : احتمال توقف ايستگاه  $i$  ام كه اتوماتيك است.

$$n = n_a + n_o$$

$n_o$  : تعداد ايستگاههاي دستي

$C_l$  : هزینه عملیاتی خط (نیروی انسانی، سرمایه گذاری، بالا سري و...)

$C_o$  : هزینه عملیاتی ایستگاههای دستی (برای تمام ایستگاههای دستی)

$C_a$  : هزینه عملیاتی ایستگاههای اتوماتیک (ممکن است ایستگاه به ایستگاه متفاوت باشد).

$C_t$  : هزینه عملیاتی انتقال قطعات در خط که برای تمام ایستگاههای دستی یا اتوماتیک لحاظ می شود.

$C_T$  : ممکن است برای تک تک ایستگاهها نباشد ولی وقتی حساب شد برای تمام 8 ایستگاه لحاظ می شود.

$$\Rightarrow C_L = n_0 C_0 + n_a C_a + C_T$$

(حد بالا)



$$T_p = T_c + FT_d = T_c + n_a PT_d$$

هزینه هر واحد محصول :

$$C_{pc} = C_m + (n_0 C_0 + n_a C_a + C_T)(T_c = n_a PT_d) + C_t$$

$C_m$  = هزینه مواد اولیه برای هر قطعه

$C_t$  = هزینه ابزار برای هر قطعه

## مثال:

ده ایستگاه	6 اتوماتیک
4 دستی	(na)
(no)	

ثانیه 30 = زمان شکل =  $T_c$

- زمان مربوط به یکی از ایستگاههای دستی است که گلوگاه است.
- می خواهیم آنرا اتوماتیک کنیم که در اینصورت  $T_c = 24$  خواهد شد.
- ایستگاه جدید اتوماتیک دارای هزینه 25/0 در دقیقه است.

$$C_o = 0.15/\text{min} \quad Ca = 0.1/\text{min} \quad C_T = 0.1/\text{دقیقه}$$

برای ایستگاههای اتوماتیک  $P = 0.01$

$$T_d = \text{دقیقه } 3 = \text{متوسط زمان توقف}$$

- برای ایستگاه جدید  $P = 0.02$  و  $T_d$  تغییر نمی کند.

$$C_m = 5/0 \text{ هزینه مواد اولیه}$$

- هزینه  $C_f$  ابزار برابر صفر است.

- می خواهیم شرایط فعلی 4-6 را با 3-7 مقایسه کنیم.

واحد / دقیقه  $T_p = 0.5 + (6)(0.01)(3) = 0.68$  در حال حاضر - الف

$$C_L = 4(0.15) + 6(0.1) + 0.1 = 1.30 \text{ / دقیقه}$$

$$C_{pc} = 0.5 + 1.30(0.68) = 1.384 \text{ / واحد}$$

واحد / دقیقه  $T_p = 0.4 + (6 \times 0.01 + 0.02)(3) = 0.64$  تفسیر - ب

$$C_L = 3(0.15) + 6(0.1) + 0.25 + 0.1 = 1.4 \text{ / دقیقه}$$

$$C_{pc} = 0.5 + 1.4(0.64) = 1.396 \text{ / واحد}$$

همانطور که مشاهده می شود جابجایی این ایستگاه دستی با اتوماتیک مقرون  
بصرف نیست.

## انبارك ها

-در حالت قبل فرض کردیم که انبارك نداشتهیم.

- یعنی توقف هر ایستگاه ماشین باعث توقف کل خط می شود (حتی دستی ها)
- براحتی خنثی کردن این استر باید قبل و بعد از هر ایستگاه دستی يك انبارك قرار داد.
- در اینصورت با توقف ایستگاههای اتوماتیک بقیه ایستگاهی دستی کار خود را ادامه می دهند.

## مثال:

- فرض کنیم گلوگاه برای یکی از عملیات دستی 5/0 دقیقه است.

- در نیمه بدون انبارك (در مثال قبل)  $T_p = 5/0 + 6 (01/0) (3) = 68/0$

- حال اگر انبارك مطرح شود و ایستگاههای ماشین از دستی جدا شوند و زمان شکل در عملیات ماشین 32/0 دقیقه باشد.

$$T_p = 0.32 + 6(0.01)(3) = 0.5$$

- بنابراین بجای 68/0 هر 5/0 دقیقه يك محصول خواهیم داشت.

- اگر فرض کنیم که انبارك بدون هزینه است

$$C_{pc} = 5/0 + 3/1(5/0) = 15/1 \text{ / واحد}$$

- يعني هزينه واحد محصول کاهش مي يابد.

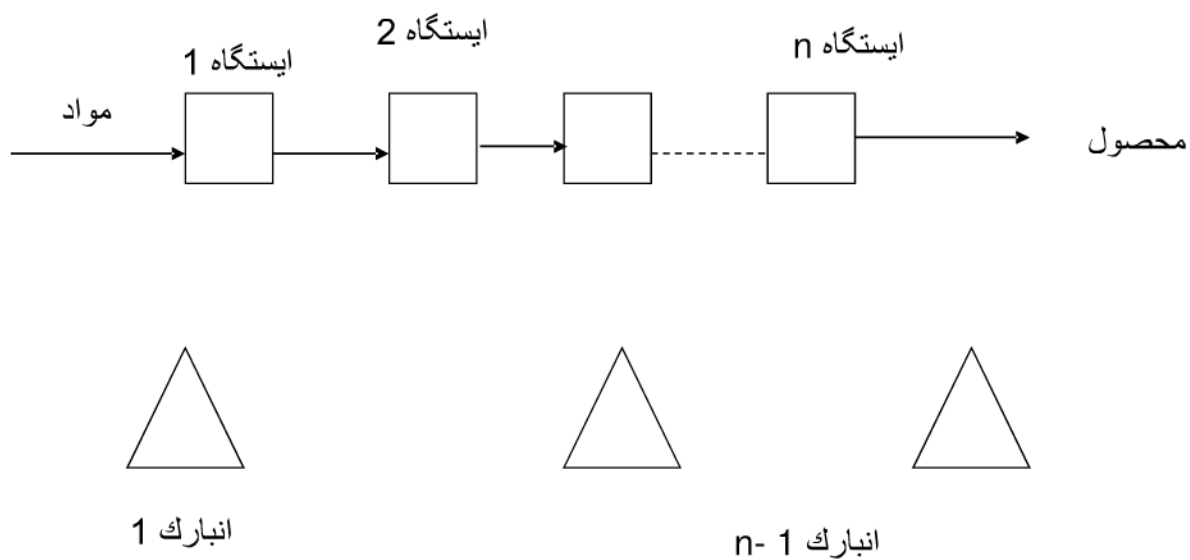
## تحليل بيشتري خطوط جريان اتوماتيك با استفاده از انبارك ها

- براي بالا بردن كارآيي خطوط اتوماتيك يكي از راهي اضافه كردن 1 يا چند انبارك است.

- اين انبارك ها خطوط را به چند مرحله تقسيم مي كنند.

- حد بالا، تعداد انبارك ها براساس داشتن انبارك ها در بين تمام ايستگاهها در نظر مي گيرد.

- در نتيجه در حد بالا، تعداد ايستگاهها با تعداد مراحل برابر مي شوند.





- (n-1) تعداد انبارك ها (شامل انبارك عدد اوليه نيست).
- (n-1) تعداد انبارك ها (شامل انبارك محصول نهايي نيست).
- اگر انبارك نداشتيم ايستگاهها به هم وابسته مي شوند و به زايا توقف يك ايستگاه، ايستگاههاي ديگر بلافاصله يا با تأخير متوقف مي شوند.

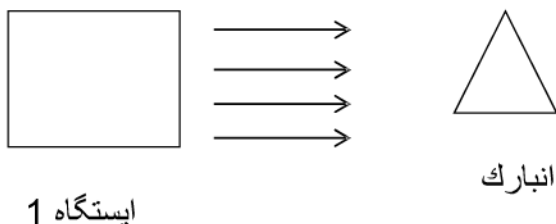
## دو دليل براي توقف ايستگاهها بعدي وجود دارد.

- 1- ايستگاههاي خالي: بعد از توقف يك ايستگاه ايستگاههاي متعاقب آن بدليل نبودن قطعه متوقف خواهند شد.
- 2- ايستگاههاي اشباع: بعد از توقف يك ايستگاه، ايستگاههاي قبلي آن بدليل اينكه پر مي شوند نبايد توليد كنند و متوقف مي شوند.

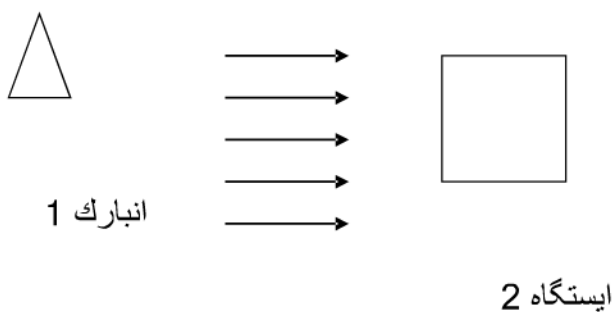


- کارآیی و نرخ تولید در هر دو صورت دستی و اتوماتیک اگر انبارك اضافه شود بالا خواهد رفت.

- با توجه به ظرفیت انبارك، خالی شدن یا اشباع ایستگاهها با تأخیر بیشتری صورت می پذیرند.



1- توقف ایستگاه 2  
تا اشباع ظرفیت انبارك



2- توقف ایستگاه 1 تا تخلیه انبارك  
تا تخلیه انبارك

- به عبارت دیگر وجود انبارك ها باعث استدلال ايستگاهها مي شود.
- و اين استدلال بستگي به ظرفيت انبارك دارد.

## حدود كارآيي انبارك ها:

- 1- انبارك بدون ظرفيت:** تحت اين شرائط كل خط مانند يك ماشين است و با توقف يك ايستگاه كل خط متوقف مي شود.

$$E_0 = \frac{T_C}{T_C + FT_d} \quad (\text{حد پائين})$$

## 2- انبارك هاي با ظرفيت نامحدود: (حد بالا) حالت برعكس بالا:

در اين حالت انبارك ها فرض است كه مي توانند پذيرش نامحدود داشته باشد و بطور نامحدود تأمين قطعه كنند.

- در اين حالت هيچ ايستگاهي به دليل توقف ايستگاههاي ديگر متوقف نمي شود.

$T_C$  يكسان براي تمام مراحل

$$E_K = \text{كارآيي در مرحله } k \text{ ام} = \frac{T_C}{T_C + F_k T_{dk}}$$

$$E_I = \text{كارآيي در كل خط انبارك هاي نامحدود} = \min_k E_k$$

- چون هر ايستگاه مستقل از ديگران مي شود كارآيي آن به شرائط مرحله با ايستگاه بستگي دارد.

- ولي كارآيي كل خط منوط به مرحله گلوگاه يا حداقل كارآيي هاست.

## کارآیی انبارك ها در واقعیت :

- از آنجائیکه دستیابی به حالت انبارك هاي نامحدود امکان پذیر نیست. مقدار واقعي کارآیی بقرار زیر است.

$$G_0 < G < G_I$$

### چند نکته:

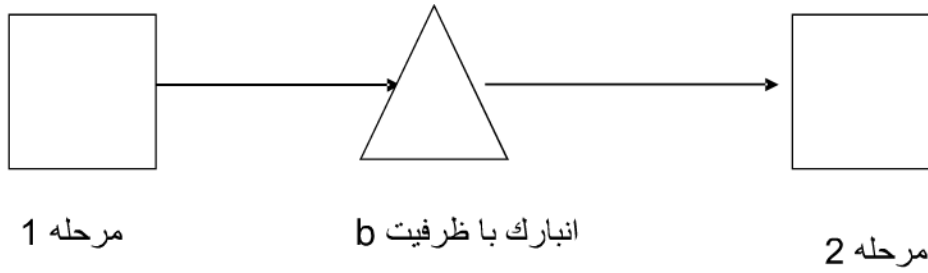
الف - اگر اختلاف  $G_0$  و  $G_I$  کم باشد یعنی ایجاد انبارك ها زیاد مؤثر نبوده است  
اگر اختلاف  $G_0$  و  $G_I$  زیاد باشد بالعکس.

ب - برای ماکزیمم کردن اختلاف بین  $G_0$  و  $G_I$  باید ایستگاهها را طوري تقسیم کرد که  $G_k$  ها تقریباً با هم یکسان شوند.

ج - برای حداکثر کردن کارایی یک خط جریان اتوماتیک باید:

- 1- به تعداد ایستگاهها، مراحل داشته باشیم یعنی تمام ایستگاهها دارای انبارک باشند.
- 2- با ایجاد کردن احتمال توقف یکسان برای تمام ایستگاهها.
- 3- با طراحی انبارک ها با ظرفیت بالا. ظرفیت واقعی انبارک ها بوسیله متوسط زمان توقف تعیین می گردد. اگر متوسط زمان توقف  $\left(\frac{T_d}{T_c}\right)$  زیاد باشد ظرفیت بیشتری از انبارک مورد نیاز است.
- 4- با اضافه کردن انبارک ها به هر یک از ایستگاهها کارایی بهبودی یا جدولی با نوع آهسته تر.

## تحليل يك خط جريان 2 مرحله اي:



- ظرفيت b بين تعداد قطعاتي كه اين انبارك مي تواند ذخيره كند يا نگهدارد.
- $F_2, F_1$  را بترتيب نرخ توقف دو مرحله بدانيم.

$$\text{نسبت نرخهاي توقف} = r = \frac{F_2}{F_1}$$



- $T_c$  یا زمان بشکل دایره ایده آل را برای هر دو یکسان می گیریم.
- فرض می کنیم توزیع توقف برای تمام ایستگاههای یک مرحله یکسان است و برای هر مرحله  $T_{d1}$  و  $T_{d2}$  بیانگر متوسط زمان توقف است.
- باید کارآیی هر دو مرحله یکسان باشد. زیرا اگر کارآیی هر یک از این دو مرحله بیشتر باشد انبارک یا خالی می شود (سریعاً) یا بطور سریع پر می شود.

$$G = \text{کارآیی کل خط} = G_0 + D_1^1 h(b)$$

$$G_0 = \text{کارآیی خط بدون انبارک ها یا } b = 0$$

$$G_0 = \frac{T_c}{T_c + F_1 T_{d1} + F_2 T_{d2}}$$

$D_1^2 h(b) =$  میزان بهبود کارآیی خط بواسطه افزودن انبارك با ظرفیت  $b > 0$   
 $D_1^1 =$  قسمتی از زمان کل که مرحله متوقف است.

$$D_1^1 = \frac{F_1 T_{d1}}{T_C + F_1 T_{d1} + F_2 T_{d2}}$$

$n(b)$  میزان ایده آل صرفه جویی از زمان توقف  $D_1^1$  (زمانیکه مرحله 1 متوقف است)

بطوری است که مرحله 2 بتواند با توجه به ظرفیت  $b$  انبارك فعال باشد.

- این مقدار را بوسیله زنجیره مارکوف می توان بدست آورد.  
معادلات محاسبه  $n(b)$  برای یک خط جریان 2 مرحله ای سخت شرایط مختلف  
توقف

- با فرض اینکه هر دو مرحله دارای زمان شکل و زمان راه اندازی مجدد (تعمیر)  
یکسان دارند.

$$T_{d1} = T_{d2} = T_d \quad \text{زمان تعمیر}$$

$$T_{c1} = T_{c2} = T_c \quad \text{زمان سیکل}$$

$$b = B \frac{T_d}{T_c} + L$$

که در آن  $B$  بزرگترین عدد صحیحی است که

$$B \leq b \frac{T_c}{T_d}$$

و  $L$  برابر تعداد واحد باقیمانده با توجه به عدد صحیح بودن  $B$  داشتیم (نسبت  
نرخهای توقف)

$$r = \frac{F_2}{F_1}$$

با این تعاریف و فرضیات رابطه زیر برای توزیع توقفات حاصل می شود.

### (1) توزیع تعمیر ثابت:

- فرض می شود که به ازای هر توقف زمان ثابت تعمیر  $T_d$  باشد.

$$r \neq 1 \Rightarrow h(b) = r \frac{1 - r^B}{1 - r^{B+1}} + L \frac{T_c}{T_d} \times \frac{r^{B+1} (1 - r)^2}{(1 - r^{B+1})(1 - r^{B+2})}$$

$$r = 1 \Rightarrow h(b) = \frac{B}{B+1} + L \frac{T_c}{T_d} \times \frac{1}{(B+1)(B+2)}$$

- در این حالت فرض می شود که احتمال اینکه تعمیرات در طی هر شکل کامل شوند مستقل از زمانی است که تعمیرات شروع شده اند:

$$k = \text{پارامتر} = \frac{1+r-T_c/T_d}{1+r-rT_c/T_d}$$

$$r \neq 1 \Rightarrow h(b) = \frac{r(1-k^b)}{1-rk^b}$$

$$r = 1 \Rightarrow h(b) = \frac{bT_c/T_d}{2+(b-1)T_c/T_d}$$

هر دو حالت بالا با این فرض اساس بوده است که احتمال توقف هر دو مرحله در يك زمانی مشابه امکان پذیر نیست.

با انجام محاسبات نمونه می توان دریافت که در معادله کارآیی  $G = G_0 + D_1^1 h(b)$  امکان این وجود دارد که کارآیی خط بیش از اندازه بدست آید و این بدلیل این است که در معادلات بالا فرض شد که امکان توقف هر دو مرحله با هم وجود ندارد، یا اگر مرحله 1 یا 2 توقف کردند که مرحله دیگر مادامیکه ممکن متوقف است به کار خود را ادامه می دهد.

- وی در واقعیت ممکن است در صورت توقف 1 بعد از مدت زمانی مرحله 2 نیز متوقف شود.

$$\epsilon = \epsilon_0 + D_1^1 h(b) \epsilon_2$$

- که در آن  $\epsilon_2$  یا کارایی مرحله 2

$$\epsilon_2 = \frac{T_c}{T_c + F_2 T_{d2}}$$



**مثال:**

- خط انتقالی را با يك انبارك در نظر بگیرد.
- خط داراي 10 ایستگاه کاری که احتمال توقف هر ایستگاه 02/0 است.
  - زمان شکل خط 60 ثانیه است (1 دقیقه)
  - در صورت بروز توقف، زمان تعمیر و رفع توقف (5 دقیقه)
  - يك انبارك در میان خط قرار گرفته و خط تبدیل به دو مرحله 5 ایستگاهی می شود.
  - کارآیی خط مدنظر است.

**الف)** کارآیی خط در حالیکه ظرفیت انبارك صفر است

$$F = np = 10(0.02) = 0.2$$

$$\Rightarrow \epsilon_0 = \frac{T_c}{T_c + FT_d} = \frac{1}{1 + (0.2) \times 5} = 0.5$$

براي هر مرحله

$$F_1 = F_2 = 5(0.02) = 0.1$$

$$\epsilon_1 = \epsilon_2 = \frac{1}{1 + (0.1)(5)} = 0.6667$$

حداكثر كارآيي

$$\epsilon_\infty = \min_k \epsilon_k = \min_k |0.6667, 0.6667| = 0.6667$$

ج) مقادیر  $b = 1$  و  $b = 10$  و  $b = 100$  و  $b = \infty$  را در نظر می گیریم.  
و از معادلات مربوط به زنجیره مارکوفی استفاده می کنیم.

$$b = 1 \Rightarrow B \leq 1 \times \frac{1}{5} \Rightarrow B \leq 0.2 \Rightarrow B = 0 \Rightarrow L = 1$$

نرخ خرابی با هم برابر است.

$$r = \frac{F_2}{F_1} = \frac{F_1}{F_1} = 1$$

جدول زمان تعمیر ثابت است مدل 1 استفاده می شود.

$$h(b) = h(1) = \frac{B}{B+1} + L \frac{T_c}{T_d} \frac{1}{(B+1)(B+2)}$$

$$h(1) = \frac{0}{0+1} + 1 \times \frac{1}{5} \frac{1}{(0+1)(0+2)} = 0.1$$

$$D_1^1 = \frac{F_1 T_{d1}}{T_c + F_1 T_{d1} + F_2 T_{d2}} = \frac{0.1(5.0)}{1 + (0.1 \times 5) + (0.1 \times 5)} = 0.25$$

$$\epsilon = \epsilon_0 + D_1^1 h(b) \epsilon_2 = 0.5 + (0.25)(0.1)(0.6667) = 0.5167$$

$$b = 10 \Rightarrow B \leq 10 \times \frac{1}{5} \Rightarrow B \leq 2 \Rightarrow B = 2 \Rightarrow L = 0$$

$$h(10) = \frac{2}{2+1} + 0 = 0.6667$$

$$\epsilon = 0.5 + (0.25)(0.6667)(0.6667) = 0.6111$$

$$b = 100 \Rightarrow B \leq 100 \times \frac{1}{5} \Rightarrow B = 20 \Rightarrow L = 0$$

$$h(100) = \frac{20}{20+1} + 0 = 0.952$$

$$\epsilon = 0.5 + (0.25)(1)(0.6667) = 0.6667$$

جواب با قسمت (ب) يکي است.

**خطوط جريان با بيشتر از دو مرحله:**

**مثال:**

- خط جريان با 16 ايستگاه و زمان شکل 15 ثانيه
- در صورت توقف هر ايستگاه 2 دقيقه زمان توقف يا تعمير است.
- تواستر خرابي براي هر يك از ايستگاهها بقرار زير است.

ايستگاه	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
تواستر	01/0	02/0	01/0	03/0	02/0	04/0	01/0	01/0	03/0	01/0	02/0	02/0	02/0	01/0	03/0	01/0

## - بررسی شرایط خط در صورت تبدیل به 2، 3 یا 4 مرحله:

### 1- حالت تک مرحله ای یا انبارك با ظرفیت صفر

$$F = \sum_{i=1}^{16} p_i = 0.3 \Rightarrow \epsilon_0 = \frac{0.25}{0.25 + (0.3)(2)} = \frac{T_c}{T_c + FT_d} = 0.2941$$

برای تبدیل تک مرحله ای به چند مرحله ای ما باید ابتدا تصمیم بگیریم که موقعیت بهینه برای انبارك کجاست.

- ایستگاهها باید در گروههایی دسته بندی شود تا حدامکان کارآیی هر مرحله بالا برود.

- سپس برای مقایسه کارآیی 2، 3 یا 4 مرحله ای، مبنای مقایسه خود را بر روی کاربرد انبارك با ظرفیت بی نهایت قرار می دهیم.

2 - برای خط 2 مرحله ای  $F = 3/0$  باید بین دو مرحله تقسیم شود.

$$0/3 \div 2 = 15/0$$

- با توجه به جدول مربوط به توستر خرابی ها، انبارك باید بین ایستگاهها در 8 و 9 قرار بگیرد.

$$F = 0.15 \text{ قبل از 8}$$

$$\Rightarrow F_1 = \sum_{i=1}^n p_i = 0.15$$

$$F_2 = \sum_{i=1}^n p_i = 0.15$$

قبل از 8  $F = 0.15$

$$\Rightarrow \epsilon_1 = \epsilon_2 = \frac{0.25}{0.25 + (0.15)(2)} = \frac{T_c}{T_c + FT_d} = 0.4545$$

$$\Rightarrow \epsilon_{\infty} = \min_{\epsilon_k} \{\epsilon_1, \epsilon_2\} = 0.4545$$

- برای خط 3 مرحله ای  $F = 3/0$  باید حتی المقدور بطور مساوی بین 3 مرحله تقسیم شود.

مرحله	ایستگاه	$F_k \epsilon_k$	$\epsilon_k$
1	1-4	07/0	6410/0
2	5-8	08/0	6098/0
3	9-12	08/0	6098/0
4	13-16	07/0	6410/0



- به طریق بالا باید نحوه تبدیل خط به چند مرحله ای بررسی شود.
- همانطور که مشاهده می شود با افزایش تعداد مراحل خط، کارایی بالا می رود.
  - از طرفی با افزایش تعداد مراحل نرخ با تیپ بهبود کارایی کاهش می یابد.
  - در مثال بالا فرض شد که ظرفیت انبارك نامحدود دانست و اگر محدود محاسبه می شد کارایی از اعداد بدست آمده کمتر بود.
  - از نظر تئوری حداکثر کارایی ممکن با استفاده از يك انبارك با ظرفیت نامحدود از هر ایستگاه قابل حصول است.
  - با توجه به توأستر خرابی در مثال قبل ایستگاه 6، گلوگاه است.

## طراحی برای مونتاژ مکانیکی (DFMA)

- از آنجائیکه هزینه نیروی انسانی عملیات دستی مونتاژ برای ضخامت بالاست DFMA از اهمیت خاصی برخوردار است.
- کلید DFMA موفقیت آمیز را می توان بقرار زیر نوشت.
- الف) طراحی محصول با کمترین تعداد ممکن قطعات
- ب) طراحی قطعات باقیمانده بطوریکه مونتاژ آنها ساده باشد.
- هزینه مونتاژ بطور کلی مؤثر از طراحی محصول است، زیرا در طراحی محصول اجزاء مجزا از هم تخمین می شوند و نحوه مونتاژ مردن آنها در آن مرحله انجام می شود.
- در صورت این تصمیم هزینه های مونتاژ در مراحل ساخت کمتر اثر پذیری دارند.
- بیشتر اصولی را که در DFMA اشاره خواهیم کرد در مورد مونتاژ مکانیکی صادق است ولی اگرچه در مورد بعضی از فرآیندهای اتصال و مونتاژ هم قابل اجزاء است

## اصول عمومي طراحي براي مونتاژ (مکانیکی و غیره)

**1- هدف رسیدن به توابع طراحي مورد نیاز با حداقل هزینه و ساده ترین راه.**  
کاهش تعداد قطعات محصول تا حد امکان جهت کاهش تعداد مونتاژ مورد نیاز:  
- ترکیب توابع عملکردی چند جزء در يك قطعه.

- مثلاً استفاده از يك قطعه پلاستیکی تزریقی بجای مونتاژ چند قطعه فلزی

### **2- کاهش تعداد اتصالات پیچی مورد نیاز:**

- بجای استفاده از اتصالات پیچ و مهره ای مجزا، اجزاء محصول طوری طراحي شوند که از خارها، اتصالات خم شونده و دیگر اتصالاتی که سریعتر انجام می شوند، استفاده گردد.

- در مواقع ضروری از پیچ و مهره استفاده شود (مثلاً مواقعی که نیاز به مونتاژ قطعات است).

### **3- استفاده از اتصالات استاندارد:**

- کاهش تعداد تنوع اتصالات مورد نیاز:

- با این کار مسائل سفارش دهی و انبار داری کاهش می یابد.

- کار کردن مونتاژ در اتصالات مختلف گيج نمی شوند.
- ایستگاه کاری بسادگی طراحی می شود.
- تنوع تعمیرات اتصال دهنده نیز کاهش می یابد.
- 4- کاهش مشکلات تطابق قطعات موقع مونتاژ:**
- هر چه قطعه با شکل متقارن و منظم طراحی شود، مشکلات تطابق راحتتر حل می شود.
- این امر باعث مونتاژ و قرار دادن سریعتر و ساده تر قطعات در هم است.

#### شکل:

- (a) فقط يك جهت براي مونتاژ
- (b) 2 جهت شکل جهت مونتاژ
- (c) 4 جهت ممکن براي مونتاژ
- (d) جهات مونتاژ نامحدود

## اجتناب از رها شدگی:

- قطعاتی با ساختار معین می توانند از رها شدگی اجتناب کنند. قطعات با قلابها، سوراخی، شیارها، حلقه این رها شدگی را بیشتر کنترل می کنند تا قطعاتی بدون این وضعیت.

**شکل:**

## طراحی برای مونتاژ مکانیکی DFMA

- غیر از عملیات دستی مونتاژ 2 نوع سیستم مونتاژ مکانیکی می توان بر شمرد:
  - 1- ماشین های خاص منظوره ماشین های خاص منظوره معمولاً شامل یکسری ایستگاههای کاری هستند که قطعات اختصاصی را به قطعه مبنا اضافه با مونتاژ می کنند.
  - این ایستگاهها بصورت خطی یا اطراف یک میز دوار (Dial) که بصورت متوالی قطعه مبنا را در اختیار ایستگاهها قرار می دهند، واقع شده اند.
  - این ماشین ها برای تولید انبوه یک نوع خاص از محصول مونتاژی بکار می روند.
- 2- سیستم های قابل برنامه ریزی
  - تنوع محدودی از عملیات مونتاژی مختلف را انجام می دهند.
  - این سیستم های غالباً از رباتهای صنعتی، در ایستگاههای چند گانه یا در یک ایستگاه استفاده می کنند.

www.iozveha.ir  
- عملیات مونتاژ در این سیستم پیچیده تر از ماشین های خاص منظوره هستند و بدلیل کاربرد رباتی امکان مونتاژ چند محصول متنوع وجود دارد.  
- از آنجائیکه بعضی از عملیات دستی مونتاژ انجام می شود بنابراین در فاز طراحی محصول باید بگونه ای عمل مرد که عملیات مونتاژ مکانیکی نیازی به هوش و حواس چند گانه کارگر نداشته باشند.

## اصول DFMA

### الف - استفاده از گلوگاه ماجولی در طرح محصول:

- افزایش تعداد وظائف مجزا بک سیستم مورد نیاز مکانیکی پایایی سیستم را کاهش می دهد.
- برای بالا بردن پایایی هر ماجول و در نتیجه پایایی سیستم، پیشنهاد می شود که هر ماجول یا رسید مونتاژ حداکثر دارای 12 قطعه مونتاژی می باشد.
- همچنین زیر مونتاژ باید طوری در اطراف قطعه مبنا طرح شود که اجزاء دیگر قابل مونتاژ باشند.

**ب) کاهش نیاز به جابجایی چند جزء به یکباره:**

- ترجیحاً برای مونتاژ مکانیکی بهتر است که عملیات بطور مجزا در چند ایستگاه و مختلف انجام شوند تا اتصال و اتصال چند جزء هم زمان در یک ایستگاه.

**ج) کاهش تعداد جهات دسترسی مورد نیاز:**

- تعیین اینکه جهاتی که اجزاء جدید به زیر مونتاژ موجود اضافه می شوند، کاهش یابد.

- اگر تمام اجزاء بتوانند بصورت عمودی و از بالا مونتاژ شوند ایده آل است.

**د) اجزاء با کیفیت بالا:**

- کیفیت بالای اجزاء کیفیت عملیات سیستم مونتاژ مکانیکی را بالا برد.

- کیفیت پائین اجزاء باعث توقف مکانیزم مونتاژ مکانیکی می شود.



- با این کار نیاز به اتصالات پیچی از بین می رود، مونتاژ ساده تر و از بالا می باشد.
- جهت این کار قطعه باید طوری طراحی شود که دارای برآمدگی و فرو رفتگی های خاص جهت قرار دادن آن و اتصال آن باشند.

### روشهای مونتاژ براساس محکم کردن دو شیء به هم

- روشهای مکانیکی متعددی برای محکم کردن دو قطعه به هم وجود دارد.
- این اتصالات یا در حین عملیات مونتاژ یا بعد از اتصال آنها انجام می گیرد.
- این روشها شامل محکم کردن پرسبی، محکم کردن انبساطی و خارها و رینگ ها.

**1- محکم کردن پرس:**

- در این روش مونتاژ دو جزء مورد نظر دارای يك تماس سطحی بین هم هستند.
- مثلاً يك بین (مثلاً استوانه ای) با يك قطر معین در داخل يك سوراخ با قطر کوچکتر به آهستگی پرس می شود.
- پین های با سایز استاندارد برای انجام توابعی مختلفی در دست هستند.
- الف - قرار دادن و قفل کردن اجزاء با هم
- ب- اتصال دو قطعه بطوریکه بتوانند دور هم دوران یا حرکت کنند.
- ج - پین های له شونده
- پین ها بطور نرمال سخت هستند. مگر در مورد (ج)
- دیگر کاربردهای محکم کردن پرسی شامل مونتاژ قلابه، دنده ها، پولی ها و چند جزء مشابه روش شفت.

## تحليل فشار و كَشش در محكم كردن پرسى

- يا چند فرمول مي توان فشار و كَشش موجود در يك محكم كردن پرسى يا دقت:  
 - اگر پيني را در نظر بگيريم كه در داخل يك قلاده يا يك جزء مشابه به هم محكم شده است.

و اجزاء از يك ماده مشابه ساخته شده باشند فشار شعاعي بين پين و قلاده بقرار زير محاسبه مي شود:

$$P_f = \frac{G_i (D_c^2 - D_p^2)}{D_p D_c^2}$$

متخصصه الاستيسيته مواد

(بازگشت به حالت اول بعد از كَشش و فشار)

$$P_f = \text{فشار شعاعي} \quad \text{پوند} \quad \frac{1}{\text{inch}^2} \quad \epsilon = \text{پوند} / \text{inch}^2$$

اختلاف بين قطر داخلي و قطر خارجي بين = inch ميزان تماس بين و قلاده = i

قطر خارجي قلاده (inch) =  $D_c$

قطر خارجي شفت يا بين (inch) =  $D_p$

ماکزيم کشش مؤثر در قلاده و در قطر داخلي آن مي باشد که:

$$Max\sigma_e = \frac{2p_f D_c^2}{D_c^2 - c_p^2}$$

- که در آن  $man\sigma_e =$  حداکثر کشش مؤثر  $1b/inch^2$

- فشار شعاعي حاصل از معادله قبل مي باشد.

در حالي كه يك بين مستقيم يا شفت در داخل سوراخ يك قطعه بزرگ با هندسه متفاوت با يك قلاده با فشار محكم مي شود، در اينصورت مي توان قطر خارجي يا  $D_c$  را بينهايت فرض كرد.

$$\Rightarrow P_f = \frac{\epsilon_i}{D_p}$$

- و همچنين حداكثر فشار مؤثر

$$\Rightarrow Man\sigma_e = 2P_f$$

- در بيشتر موارد مخصوصاً براي فلزات نرم، حداكثر فشار مؤثر بايد با توانايي ساده مقايسه شود تا يك عامل ايمني مونتاژ مناسب بدست آيد:

$$Man\sigma_e \leq \frac{Y}{SF}$$

- که در آن  $Y =$  توانایی ماده و  $SF =$  فاکتور ایمنی قابل کاربرد می باشد.

- انواع مختلف هندسی از پین ها برای محکم کردن قطعات بکار می روند.
- ساده ترین آنها پین های مستقیم می باشد که از فولاد کربن سرد استفاده می کنند و قطر آنها بین  $\frac{1}{16}$  تا 1 اینچ می باشد.
- پین های سخت که برای محکم کردن و تثبیت اجزاء مونتاژی در فیلسچه ها و ماشین آلات بکار می روند.
- پین های مخروطی که به ازای هر فوا، 25/0 اینچ کوچک می شوند و در داخل سوراخ دو یا چند قطعه با فشار وارد می شوند تا باعث محکم شدن اتصالات بشوند.
- مزیت پین های مخروطی سادگی خروج یا مونتاژ کردن آنهاست.
- پین های حفره دار که باعث می شوند زائده موجود در قطعات در این حفره ها فرو رفته استحکام بیشتری ایجاد شود.

**2- محکم کردن انبساطی:**

- در این حالت در قطعه بوسیله محکم کردن انبساطی ناشی از حرارت مونتاژ می شوند.
- معمولی ترین همان مونتاژ یک پین استوانه ای در داخل یک قلاده است.

**الف - انبساط دو طرفه**

- در این حالت قطعه خارجی بوسیله حرارت داغ می شود تا منبسط شود و قطعه داخلی یا سرد می شود یا با همان درجه باقی می ماند تا از نظر اندازه تغییری نکند.
- سپس هر دو قطعه مونتاژ شده و به داخل اتاق حرارت آورده می شوند.
- تحت این شرایط قطعه خارجی منقبض شده و قطعه داخلی منبسط می شود و یک اتصال محکم ایجاد می شود.

## ب - انبساط يك طرفه:

- در این حالت فقط قطعه داخلی سرد می شود و بعد از قرار دادن آن در قطعه خارجی ، در اتاق حرارت، گرم می شود تا انبساط آن باعث ایجاد اتصال گردد.
- از محکم کردن انبساطی برای اتصال دنده ها، پولی ها و شفت ها استفاده می شود.
- روشهای مختلفی نیز جهت داغ کردن یا سرد کردن قطعات بکار می رود.
- تجهیزات گرما زا شامل کوره ها، چراغ های دستی، هیترهای الکتریکی.
- تجهیزات گرما زا شامل یخچال ها، یخ خشک، مایع های سرد مثل نیتروژن سریع.
- میزان تغییرات در قطر قطعات بدلیل داغ کردن یا سرد کردن قطعه بستگی به ضریب انبساط گرمایی قطعه و تفاوت در درجه حرارت بکار رفته دارد.
- با فرض اینکه سرما یا گرما بصورت یکنواخت در کل قطعه پخش می شود میزان تبخیر قطر از رابطه زیر حاصل می شود.

$$D_2 - D_1 = \alpha D_1 (T_2 T_1)$$



که در آن  $\alpha$  ضریب خطی انبساط گرمایی است.

$$\frac{mm}{mm-^{\circ}C} \quad \text{یا} \quad \frac{inch}{inch-^{\circ}F}$$

که برای مواد مختلف متفاوت است:

$$\text{و } T_2 = \text{درجه حرارت ثانویه (سرد یا گرم) } ^{\circ}F$$

$$T_1 = \text{درجه حرارت اولیه (قبل از عملیات سرد یا گرم کردن) } ^{\circ}F$$

$$D_2 = \text{قطر قطعه در درجه حرارت } T_2 \text{ (inch)}$$

$$D_1 = \text{قطر قطعه در درجه حرارت } T_1 \text{ (inch)}$$

- معادلات قبلی در خصوص میزان فشار و کشش در این مورد هم صادق است.

## 3- خارها و رینگ ها:

**الف** - خارها جهت اتصال دو قطعه بکار می روند که خار بطور موقت و با توجه به خاصیت الاستیسیته خود تغییر شکل داده و به محل مورد نظر یا شیار مورد نظر با فشار وارد می شود و بعد به شکل اول خود برگشته و اتصال محکم می شود. معمولاً قطعات و خار طوری طراحی می شوند که يك فضای آزاد در اطراف های وجود دارد که امکان تغییرات الیشیسه خار را فراهم کند.

- مزیت خارها عبارتند از:

- 1- قطعات می توانند با قالب ها و ساختارهای خاص خود طراحی شوند.
  - 2- ابزار خاصی جهت مونتاژ لازم نیست.
  - 3- مونتاژ می تواند خیلی سریع انجام شود.
- استفاده از خارها اساساً روش ایده آلی برای کاربرد های رباتهای صنعتی بود معهذاً روش های مونتاژی که برای ربات ها ساده باشد برای انسانها نیز ساده می باشد.

- يك محكم كننده هستند كه بصورت خار در شيارهاي دايره اي اطراف شفت يا تيوپ ها قرار مي گيرند.
- اين نوع اتصال جهت استوار كردن با تعيين موقعيت يك شيء روي شفت بكار مي رود.
- اين نوع رينگها هم براي سطوح خارجي (شفت) و هم سطوح داخل (سوراخ) قابل استفاده هستند.
- اين نوع رينگها از فلزات ورقي كه عمليات باعث سختي آنها شود ساخته مي شوند.
- براي قرار دادن رينگها در خارج شفت ها يا داخل سوراخها از ابزار خاصي استفاده مي شود تا تغيير شكل الاسيتستي در رينگ ايجاد شود و بعد از قرار دادن آن در شيار مورد نظر، رينگ دارها نمايد.

منگنه هاي صنعتي محكم كننده هايي هستند كه در اين عمليات از يك ماشين يا پنج يا منگنه استفاده مي شود تا يك منگنه معمولاً شكل را در يك زمان در 2 قطعه وارد کرده و دهانه آن در تغيير دهد تا عمل اتصال انجام گيرد.

حلقه سطحي      حلقه تكميلي      استاندارد      باز

- معمولاً قطعاتي كه به اين شكل متصل مي شوند نازك هستند طوري كه با توجه به سايز منگنه امكان اتصال آنها وجود داشته باشد.
- امكان اتصال قطعات فلزي و غير فلزي وجود دارد:

## موارد کاربرد منگنه هاي منحنی عبارتند از:

- مونتاژ صفحات ورقی نازک و سبک
- اجزاء الکتریکی
- صفحات روزنامه یا مجله
- جعبه های چوبی
- بسته بندی نهایی محصولات
- مزایای منگنه ها
- سرعت بالای مونتاژ
- حذف سوراخهای پیش نیازی برای اتصال
- صنایع میل سازی
- صندلی های خودرو
- مونتاژ قطعات پلاستیکی

# پایان