آشنایی با سیستم تولید به هنگام

(Just In Time : JIT)

نوشته : سیدمحمدعلی خاتمی فیروزآبادی
عضو هیئت علمی دانشگاه علامه طباطبایی

چکیده

هدف این مقاله، آشنایی با سیستم "تولید به هنگام" است. سیستمی که سال‌هاست در شرکت‌های خودروسازی ژاپنی و بعضی دیگر از کشورهای صنعتی، مورداستفاده قرار گرفته است. این سیستم غالباً برای صنایعی که دارای خط مونتاژ هستند، کاربرد دارد و محدود به مراکز تولید خودرو نمی‌شود. ارتباط این سیستم با روش‌های کنترل موجودی قطعات نیمه‌ساخته، کنترل کیفیت کالا، کاهش ضایعات و مصنوعات معیوب، بسیار بالا است [۱]. مزیت نسبی اصلی این سیستم، کاهش قطعات نیمه‌ساخته و مصنوعات تولیدی معیوب است. مزیت نسبی دیگر این سیستم، تدارک قابلیت انعطاف در خط تولید است.

❐ تعریف :

به بیانی سیستم تولید به هنگام، به معنی تولید به هنگام قسمت عمده قطعات مصرفی در محصول نهایی، درست به هنگام نیاز و انتقال سریع آنها به خط مونتاژ است. در این صورت، بخش مونتاژ می‌تواند با وقفه بسیار کم‌تری به کار خود ادامه دهد تا مصنوع

نهایی به بازار عرضه گردد. سیستم تولیدی JIT را سیستم تولیدی تویوتا (TOYOTA) نیز نامیده‌اند، چون برای اولین بار توسط شرکت تویوتا ابداع و به کار گرفته شد [۲]. پس از کاربرد موفقیت‌آمیز JIT در تویوتا، برخی شرکت‌های دیگر ژاپنی نیز در سطح وسیعی آن را به کار بردند و باعث موفقیت‌های چشمگیری در کاهش هزینه‌های نگهداری قطعات و در نتیجه کاهش قیمت تمام‌شده محصول شدند [۳]. سیستم تولید به هنگام (JIT)، چیزی فراتر از سیستم‌های سنتی برنامه‌ریزی و کنترل تولید و انبارداری نظیر سیستم "برنامه‌ریزی منابع ضروری" (Material Requirement Planning : MRP) است که در حال‌حاضر تقریباً در همه کارخانه‌های صنعتی به کار برده می‌شود. سیستم تولید به هنگام در ارتباط با اجزای فرآیند تولید، موجودی انبارهای قطعات نیمه‌ساخته و انبار محصول قرار دارد. به گونه‌ای که برای کاربرد این سیستم، طراحی فرآیند تولید، طراحی مشاغل، استاندارد کردن کارها، تعیین حجم اقتصادی تولید و تنظیم زمان‌های دستگاه‌های تولیدی موردنیاز است. به علاوه، فرآیندها و سیستم‌های اتونوماسیون (Autonomation)، کانبان (Kanban)، جیدوکا (Jidoka)، آندون (Andon) و یو ئی دون (yo - i - don) در تولید به هنگام موردتوجه قرار می‌گیرند. مفاهیم فرآیندها و سیستم‌های ذکر شده، در این مقاله به اختصار بررسی می‌شوند.

در سیستم JIT، برای مونتاژ نهایی که به قطعات یا ماژول‌های ساخته شده مختلف نیاز است، باید همه به هنگام آماده باشند تا کار بدون وقفه، انجام شود. علاوه بر آمادگی، باید قطعات به هنگام در دسترس نیز باشند. ضمن آن‌که، از زمان تولید این قطعات، مدت زیادی نیز نباید گذشته باشد. هر چه زمان تولید قطعات یک محصول و به کارگیری آنها در محصول نهایی کمتر شود، بدیهی است نیاز به انبارهای قطعات نیمه‌ساخته کمتر می‌گردد. این موضوع، صرفه‌جویی‌های زیادی در هزینه‌های انبارداری و نگه‌داری قطعات به دنبال دارد. بهترین حالت در تولید به هنگام، وقتی به وقوع می‌پیوندد که درست در همان زمانی که به قطعه خاصی نیاز باشد، چند لحظه قبلش آن قطعه یا قطعات تولید شده باشند و در اختیار بخش مصرف‌کننده قرار گیرد.

اتونوماسیون (Autonomation) اصطلاحی است که در شرکت تویوتا شکل گرفته است. این اصطلاح بر توقف دستی یا اتوماتیک عملیات تولیدی، درست به هنگام

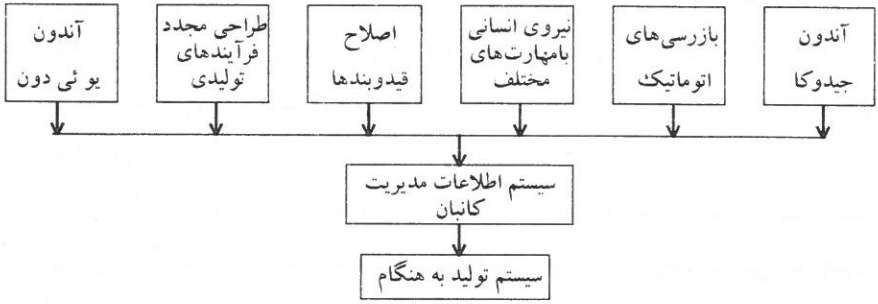
تولید قطعه‌ای معیوب یا غیراستاندارد، اشاره دارد.

کانبان (Kanban)، یک سیستم اطلاعاتی است که نه تنها برای کنترل موجودی اقلام در جریان تولید به‌کار می‌رود، بلکه برای کنترل جریان تولید و جریان موجودی قطعاتی که به صورت ساخته‌شده از بیرون کارخانه خریداری می‌شود، نیز می‌تواند مورداستفاده قرار گیرد. کانبان ورقه یا برچسبی حاوی دستورالعمل‌هاست که مکرراً مورداستفاده قرار می‌گیرد. برخلاف دستورات کاری مرسوم، کانبان همیشه ضمیمه قطعات و یا مواد است.

جیدوکا (Jidoka) سیستم هشداردهندهٔ مشکلات تولید است که از طریق مجموعه چراغ‌هایی که در ارتفاع زیادی در بالای خط تولید یا مونتاژ نصب شده‌اند، هنگام بروز مشکل، به همه اعلام خطر می‌کند. این مجموعه چراغ‌ها، اصطلاحاً آندون (Andon) نامیده شده‌اند. هنگامی که در عملیات تولیدی مشکلی پیش می‌آید، بسته به نوع مشکل چراغ‌های زرد یا قرمز روشن می‌شوند. چراغ زرد بیانگر مشکل جزیی یا تأخیر جزیی در عملیات تولیدی است. چراغ قرمز به معنای مشکل جدی در خط تولید یا خط مونتاژ است.

یو ئی دون (yo - i - don) واژه‌ای ژاپنی است و به تولید هماهنگ قطعات یا مونتاژهای فرعی در مراحل بعدی عملیات اشاره دارد. به‌طور کلی سیستم جیدوکا - آندون برای شناسایی و بر طرف کردن مشکلات ناشی از عملیات غیرهماهنگ به‌کار می‌رود.

غالب جنبه‌های سیستم تولید به هنگام در نمودار شماره ۱ نشان داده شده است. در ادامه مقاله سعی می‌شود اجزای نمودار تا حد امکان بررسی گردد.



نمودار شماره ۱ : پیش نیازهای سیستم تولید به هنگام

نمودار شماره ۱ نشان می‌دهد علاوه بر زیر سیستم‌های جیدوکا و یو ئی دون، برای رسیدن به مکانیسم تولید به هنگام، موارد دیگری نیز باید موردتوجه قرار گیرد.

۱ - فرآیندهای تولیدی باید مورد طراحی مجدد قرار گیرند. به نحوی که برای تولید، دستگاه‌ها به گونه‌ای تنظیم شوند که حتی‌الامکان با سرعت بیشتری کار کنند.

۲ - ماژول‌ها به گونه‌ای طراحی شوند که در مرحله مونتاژ، به سادگی قابل سوارشدن (Assembly) بر روی سایر ماژول‌ها یا زیر ماژول‌ها باشند.

۳ - با طراحی مجدد فرآیندهای تولیدی، بدیهی است که قید و بندهای (Jig & Fixtures) مناسبی باید طراحی شود و یا در قید و بندهای فعلی، تغییراتی صورت پذیرد.

۴ - با توجه به این که یک دستگاه تولیدی ممکن است قابلیت انجام کارهای مختلفی را داشته باشد لذا باید آن گروه منابع انسانی به کار گرفته شوند که دارای مهارت‌های مختلفی باشند و بتوانند با ماشین‌های چند منظوره، کار کنند.

۵ - سیستم تولید به هنگام، به گونه‌ای عمل می‌کند که در حین تولید، ایستگاه‌های کار مراحل بعدی، به‌طور اتوماتیک عمل بازرسی مراحل قبلی تولید را انجام می‌دهند.

❑ تولید به هنگام :

سوالی که در این جا مطرح می‌شود و باید به آن پاسخ داد چگونگی تولید به هنگام در عمل است. تولید به هنگام، اهداف متعددی را در عملیات تولیدی دنبال می‌کند. این اهداف ممکن است در ارتباط با یکدیگر نیز باشند. موجودی در جریان و موجودی قطعات ساخته شده‌ای که در محصول نهایی به کار برده می‌شود به شدت کاهش می‌یابد. در بسیاری از کارخانه‌های خودروسازی ژاپنی که از JIT استفاده می‌کنند، موجودی قطعات تشکیل‌دهندهٔ محصول نهایی حداکثر برای ۳ یا ۴ روز است [۱].

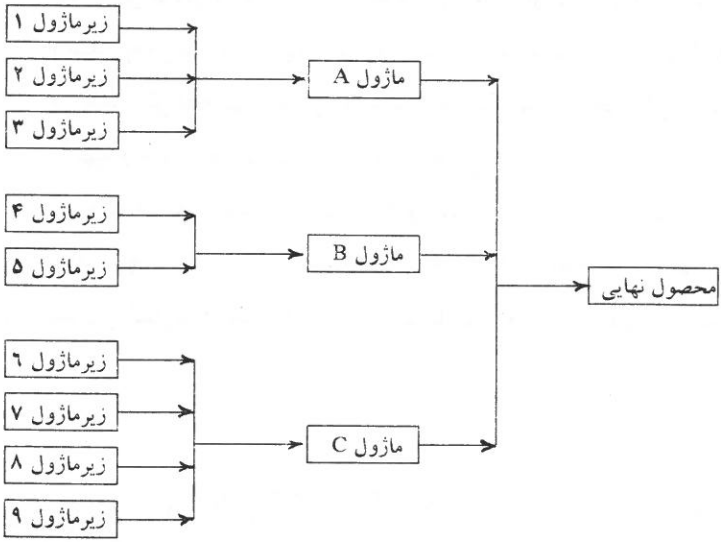
از زمان سفارش تولید تا ساخت آن (Lead Time) به مقدار قابل توجهی کاسته می‌شود. با کاهش این زمان، فرصت برای اعمال تغییرات به وجود می‌آید چون قطعات به مقدار زیاد تولید نشده‌اند و برای مراحل بعدی کار، می‌توان تغییرات را در

محصول انجام داد. گزارش شده است که در یکی از کارخانه‌های ژاپنی تولید موتور خودرو، قالب موتوری که صبح زود ریخته می‌شود، در پایان روز به صورت یک موتور اتومبیل کامل در می‌آید.

با تولید به هنگام، احتمال تولید قطعات مازاد و مفقودشده به شدت کاهش می‌یابد زیرا، باید تعداد تولیدات هر قطعه مطابق با نیازهای مراحل بعدی تولید باشد.

تمامی موارد مذکور، سبب کاهش سطح موجودی و در نتیجه موجب کاهش نیاز به فضای گسترده انبار می‌گردد. به این ترتیب هزینه انبارداری نیز به سمت صفر میل می‌کند.

تولید هر محصولی نیازمند ماژول‌ها و زیرماژول‌های مختلف یا همان قطعات و زیرقطعات ترکیبی است. نمودار شماره ۲، نمونه‌ای از این نیاز و همچنین مقوله ماژولاریتی (Modularity) در تولید به هنگام را تا حدودی نمایش می‌دهد.



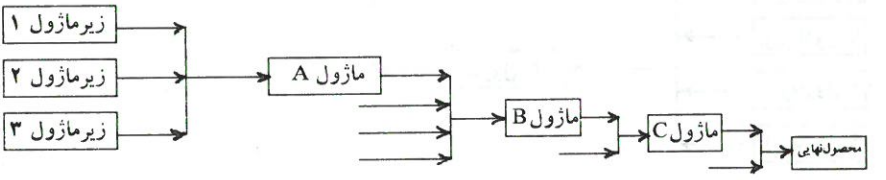
نمودار شماره ۲ : ارتباط بین محصول نهایی با زیرماژول‌ها و ماژول‌ها

سیستم‌های سنتی تولیدی به صورت فشاری عمل می‌کنند در حالی که سیستم تولید به هنگام، به صورت کششی شکل می‌گیرد. *در سیستم‌های سنتی تولید، مانند MRP که قبلاً عنوان شد، اجزای محصول نهایی، همانگونه که در نمودار شماره ۲ نشان داده شد به قطعات تقسیم می‌شوند. سپس، با در نظر گرفتن مدت زمان مناسب تولید، به نوع و چگونگی شرکت همه

ماژول‌ها و یا زیرماژول‌ها در ترکیب‌های اولیه، میانی و نهایی توجه کافی می‌شود. به محض این که قطعات ترکیبی یا همان ماژول‌ها ساخته شدند به سمت مرحله بعدی تولید و سرانجام به مرحله نهایی مونتاژ هدایت می‌شوند. اگر همه‌چیز خوب پیش برود، تمامی قطعات ترکیبی یا ماژول‌ها در موعد مقرر تکمیل شده و به سمت بخش مونتاژ نهایی محصول حمل می‌شوند و در آنجا، مونتاژ نهایی طبق برنامه انجام می‌شود. چون امکان دارد در هر یک از مراحل تولید، تأخیر رخ دهد، برنامه‌های تولید معمولاً زمان احتیاطی یا ضربه و موجودی احتیاطی را در نظر می‌گیرند تا بروز چنین مشکلی باعث به تأخیر انداختن مونتاژ محصول اصلی نشود. سیستمی که تشریح گردید، سیستم تولید به روش سنتی یا سیستم تولید فشاری است. در حال حاضر کارخانه‌های زیادی از این روش تولیدی استفاده می‌کنند.*

اما در JIT تولید به صورت کششی صورت می‌پذیرد. مکانیسمی که پیشرفته‌تر از سیستم تولید فشاری است و به این شکل عمل می‌کند که برای هر مرحله تولیدی، مقدار موجودی لازم را برای تولید مقدار معینی از قطعات محاسبه کرده و این کار تا رسیدن به مرحله اول تولید که بر روی مواد اولیه، عملیات تولیدی انجام می‌شود، ادامه می‌یابد. اگر قطعات یا ماژول‌ها به صورت ساخته شده خریداری شوند مرحله مذکور تا تهیه و حمل قطعات یا ماژول‌ها، ادامه می‌یابد.

همه عملیات تولید قطعات و ماژول‌ها در سیستم تولید کششی با یکدیگر به مانند یک زنجیر در ارتباط هستند و هر مرحله برای مرحله بعد، ایجاد کشش می‌کند. در نمودار شماره ۳، نمونه‌ای از این ارتباطات زنجیره‌ای نشان داده شده است.



نمودار شماره ۳: ارتباطات زنجیره‌ای بین ماژول‌ها و زیرماژول‌ها

ارتباط مناسب این زنجیره‌ها، خط مونتاژ را قادر می‌سازد که بدون نیاز به روش‌های پرهزینه و گسترده، تولید به هنگام را امکان‌پذیر سازد.

در قسمت (۱ - ۱)، چگونگی اجرای سیستم تولید به هنگام با جزئیات بیشتری

موردبحث قرار می‌گیرد. کارخانه‌ای که با سیستم سنتی به تولید می‌پردازد برای این که بتواند سیستم تولید به هنگام را جایگزین کند باید تعدیلات و تغییرات بسیار زیادی را در خط تولید فعلی خود انجام دهد. یکی از ابزارهای مهم انجام تولید به هنگام، سیستم کنترل تولید و موجودی کانبان است.

□ ۱ - ۱ - سیستم کنترل تولید و موجودی کانبان :

واژه ژاپنی کانبان به معنای برچسبی است که بر روی ظرف‌های محتوی قطعات یا ماژول‌ها که بر روی یک نقاله در حال حرکت هستند الصاق می‌شود. کانبان یک وسیله ارتباطی بین دو ایستگاه عملیاتی می‌باشد. کارت‌ها یا برچسب‌های کانبان حاوی اطلاعات قابل ملاحظه‌ای در خصوص وضعیت تولید و موجودی قطعات است. می‌توان گفت کانبان یک سیستم اطلاعاتی کوچک است که با استفاده از آن کنترل به هنگام میسر می‌گردد.

کارت‌های کانبان دو نوع هستند : کانبان سفارش تولید یا کانبان تولید و کانبان بازگشت یا انتقال. کانبان تولید به منزله مجوزی برای تولید قطعات یا زیرماژول‌هایی است که بر روی کانبان نوشته شده‌اند. ظروفی که کارت‌های کانبان بر روی آنها الصاق شده است با تعدادی که قرار است در مرحله فعلی تولید شود، نسبت مستقیم دارد، یعنی، تعدادی در مرحله فعلی تولید می‌شود که گنجایش ظرف اجازه دهد. کانبان انتقال وقتی مورداستفاده قرار می‌گیرد که تولید یک مرحله انجام یافته و قرار است ظرف به ایستگاه بعدی تولید انتقال یابد. با الصاق کانبان انتقال به ظرف، کانبان تولید از آن برداشته می‌شود و این به مثابه اجازه برای تولید ظرف دیگری از قطعات است که می‌تواند تولید شوند.

میزان موجودی بین دو عملیات متوالی تولیدی، به وسیله کانبان‌های تولید و انتقال که بین آن دو مرحله عملیاتی اجازه صدور یافته‌اند کنترل می‌شود. بدیهی است که حداقل دو کانبان در مرحله عملیاتی درگیر می‌شوند، یکی کانبان تولید و دیگری کانبان انتقال. اگر کانبان‌ها نتوانند ذخیره موجودی کافی بین دو عملیات تولیدی ایجاد کنند، کانبان‌های اضافی دیگری صادر خواهد شد. اجرای سیستم کانبان آسان نیست و باید در ابتدا مشکلات زیادی حل شوند. در اینجا، به همین بسنده می‌شود که سیستم

کانبان و کنترل تولید به هنگام، فقط در صورتی می‌توانند انجام شوند که تغییرات مشخصی در سیستم تولیدی، قبلاً اعمال شده باشد. این تغییرات ذیلاً موردبررسی واقع می‌شوند.

□ ۱ - ۲ - استاندارد کردن کارها و فرآیند تولید :

برای اجرای تولید به هنگام، ضروری است که دستگاه‌های تولیدی، تجهیزات و ایستگاه‌های کاری فرآیند تولید، به گونه‌ای طراحی شوند که بتوانند جریان هماهنگی از کار و موجودی قطعات ارائه کنند، در ضمن زمان تنظیم دستگاه‌ها به حداقل برسد. برای اجرای تولید به هنگام، نیاز به استفاده از دستگاه‌ها و تجهیزاتی است که معمولاً در سیستم تولید کششی ضروری نیست. همچنین اپراتورها باید به نحوی آموزش داده شوند که بتوانند بر روی ماشین‌های چند منظوره و ایستگاه‌های مختلف کاری، به راحتی کار کنند.

نکته مهم دیگری که باید به آن توجه شود نیاز به تسریع در تغییر تنظیم دستگاه‌ها از یک عملیات تولیدی به نوع دیگری از عملیات است. از آنجا که دستگاه‌های چند منظوره می‌توانند کارهای مختلفی انجام دهند، کاهش در زمان تنظیم آنها، می‌تواند قطعات مختلف تولید شده توسط یک دستگاه را درست به هنگام نیاز، تحویل سایر قسمت‌های عملیاتی دهد.

از طرفی لازم است در فرآیند تولید، تجدیدنظر کلی انجام شود تا خط تولید و عملیات تولیدی به‌طور هماهنگ به فعالیت بپردازند. لازم است میزان بازده دستگاه‌های اصلی تولید در صورت امکان زیاد گردد و به گونه‌ای این عمل انجام شود که با توجه به تولید سایر دستگاه‌ها، باعث شود تولید در همه ایستگاه‌های تولید به صورت هم‌سطح در آید و در هیچ کجا، موجودی قطعات نیمه‌ساخته انباشته نشود. گاهی اوقات حتی طراحی مجدد دستگاه‌های تولیدی به منظور هم‌سطح کردن تولیدات، ضروری به نظر می‌رسد.

طراحی مجدد خط تولید شبیه به بالانس کردن خط مونتاژ است. برای روشن شدن موضوع، تصور کنید در یک شیفت ۸ ساعته، نیاز به ۷۲۰ عدد قطعه A می‌باشد. یعنی به‌طور متوسط در هر ۴۰ ثانیه باید یک قطعه A تولید شود (ثانیه ۴۰ = ۷۲۰/ ۶۰ × ۶۰ × ۸). اگر زمان تولید قطعه A، ۲۰ ثانیه باشد می‌توان ۷۲۰

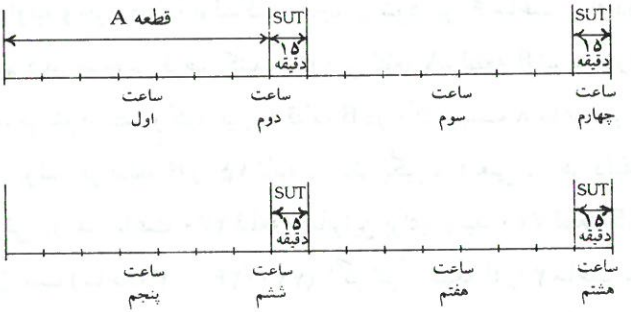
قطعه را در عرض ۴ ساعت تولید کرد. (ساعت ۴ = ۳۶۰۰/۲۰ × ۷۲۰)، یا به عبارتی ۷۲۰ قطعه را می‌توان در ۵۰ درصد یک شیفت ۸ ساعته تولید نمود (۵۰٪ = ۱۰۰ × $\frac{۴}{۸}$). حال فرض کنید به دلیل محدودیت‌هایی که در خصوص تأمین مواد اولیه وجود دارد، تولیدکننده مجبور شود این ۴ ساعت را به دو بخش ۲ ساعته تقسیم کند. همچنین فرض کنید علاوه بر قطعه A، قطعه B نیز بر روی همین دستگاه تولید می‌شود. تصور کنید نیاز به قطعه B در یک شیفت ۸ ساعته نیز ۷۲۰ عدد باشد. زمان تولید هر قطعه B را ۱۵ ثانیه در نظر بگیرید (یعنی در هر دقیقه ۴ قطعه و یا به عبارتی در هر ساعت ۲۴۰ قطعه). بنابراین برای تولید ۷۲۰ قطعه B، نیاز به ۳ ساعت زمان است (ساعت ۳ = ۲۴۰/۷۲۰). اگر نتوان قطعه B را ۳ ساعت پشت سرهم تولید کرد و تولیدکننده مجبور باشد این ۳ ساعت را به ۲ بخش ۱/۵ ساعته تقسیم کند با توجه به نمودار شماره ۴، ملاحظه می‌شود که بر روی این دستگاه باید ۴ بار عمل تنظیم صورت گیرد.

از آنجاکه زمان کل تولید قطعات A و B، ۷ ساعت می‌باشد لذا برای تنظیم دستگاه در یک شیفت ۸ ساعته، ۱ ساعت زمان در دسترس است. چون این دستگاه باید ۴ بار در یک شیفت تنظیم شود بنابراین حداکثر زمان تنظیم در هر نوبت باید ۱۵ دقیقه باشد. که این سرعت تنظیم یا تعویض قالب‌ها مزیت بسیار مهمی به شمار می‌رود (به نمودار شماره ۴ توجه کنید).

نمودار شماره ۴ این فرآیند تولید را نشان می‌دهد. ضمناً زمان تنظیم (Set UP Time : SUT) همان‌گونه که در نمودار مشاهده می‌شود ۱۵ دقیقه در نظر گرفته شده است.

باید توجه داشت که تولید قطعات مختلف بر روی یک دستگاه نیاز به تغییر قالب دارد و این موضوع باعث می‌شود با شرایط سنتی تولید که برای تعویض قالب‌ها، غالباً نیاز به زمانی در حدود ۲ یا ۳ ساعت می‌باشد (اگر قطعات توسط دستگاه‌های پرس ضربه‌ای تولید شوند، تعویض قالب‌ها ممکن است حتی بیشتر هم طول بکشد)، تعویض قالب در مدت زمان ۱۵ دقیقه با مشکل مواجه شود. بنابراین لازم است قالب‌ها به‌گونه‌ای طراحی شوند که باز و بسته کردن آنها به راحتی انجام گیرد. همچنین باید دقت داشت که قالب در نزدیکی دستگاه قرار داشته باشد تا اپراتور دستگاه برای

دستیابی به آن، زمان بیش از حد صرف نکند (طراحی استقرار به خوبی انجام شده باشد).



نمودار شماره ۴: برنامه زمانی تولید قطعات A و B به همراه زمان‌های تنظیم

بسیاری از کارخانه‌ها، به ویژه کارخانه‌های ژاپنی، کاری مشابه آنچه در مثال مطرح گردید انجام داده‌اند به گونه‌ای که عمل تعویض قالب دستگاه در عرض چند دقیقه انجام می‌پذیرد [۱].

شاید بتوان گفت، در تنظیم دستگاه، مهم‌ترین عامل همان تعویض قالب‌ها است که بیشترین زمان را به خود تخصیص می‌دهد. لازم به ذکر است در قالب‌های جدید که برای این گونه سیستم‌های تولیدی طراحی می‌شوند بهتر است به جای پیچ و مهره که زمان زیادی برای باز و بسته کردن آنها صرف می‌شود از اهرم‌های قفل‌کننده سریع استفاده شود. برای نشان دادن این که چگونه ممکن است به زمان تنظیم ماشین‌آلات سرعت بخشید، می‌توانید تعویض چرخ اتومبیل را در نظر بگیرید. معمولاً ابتدا جک را در محل مناسب قرار می‌دهند. قالپاق را باز می‌کنند و مهره‌های رینگ را کمی شل می‌کنند. سپس به وسیله جک، رینگ را به اندازه کافی بالا می‌برند و مهره‌ها را به‌طور کامل باز می‌کنند. سپس چرخ را در آورده و چرخ زاپاس را جایگزین می‌کنند و سپس مهره‌های چرخ را در جای خود قرار داده، محکم می‌کنند. بالاخره پس از استقرار قالپاق، جک را پایین آورده، آن را برمی‌دارند. اگر همه چیز خوب پیش برود این کارها خیلی زمان بر نیست، ولی اگر مشکل کوچکی مثل سفت بودن مهره‌ها پیش بیاید ممکن است زمان تعویض چرخ زیاد شود. حال این رویه را با روش تعویض چرخ

اتومبیل‌هایی که در مسابقات اتومبیل‌رانی شرکت می‌کنند، نه تنها یک چرخ، بلکه هر چهار چرخ در عرض چند ثانیه عوض می‌شوند. علت آن که زمان تعویض چرخ اتومبیل در حالت معمول، آن‌قدر طول می‌کشد فقط به خاطر طراحی بالنسبه نامناسب آن است. اتومبیل‌های مسابقه‌ای برای این که بتوانند مسابقات را ببرند باید به گونه‌ای طراحی شوند که هر اشکالی در عرض چند ثانیه بر طرف شود. البته باید دقت نمود هزینه قالبی که به سرعت تعویض شود بالاتر از قالب‌های معمولی است ولی هدف تعویض سریع، تأمین شده است. ضمناً در نظر داشته باشید اهمیت موضوع در خط تولید که عمل تعویض در هر شیفت چندین بار انجام می‌گیرد نسبت به تعویض گاه به گاه چرخ اتومبیل به مراتب بیشتر است. علت آن که اکثر کارخانه‌های مدرن به این گونه تولید روی آورده‌اند همین موضوع است، یعنی، آنها مسایل مربوط به تنظیم دستگاه‌ها را مقدم بر هر چیز دیگر می‌شمارند و عقیده دارند که اگر همه چیز در سر وقت خود انجام شود، هزینه‌ای که برای تعویض سریع پرداخته می‌شود به مراتب کمتر از هزینه انبارداری در حالت معمول است، ضمن آن که زمان کل تولید نیز کاهش می‌یابد [۱].

□ ۱ - ۳ - اتونوماسیون :

اتونوماسیون اصطلاحی است که برای شناسایی اتوماتیک عیوب خط تولید در حین تولید به کار می‌رود. در واقع، اتونوماسیون و تولید به هنگام مکمل یکدیگر بوده و در حقیقت دو جنبه اصلی تولید به هنگام می‌باشند.

سیستم تولید به هنگام، وابسته به جریان تولید بدون تأخیر قطعات است. در این سیستم، عدم تولید قطعات معیوب از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است. از سوی دیگر، بدون موجودی‌های ذخیره هر وقفه‌ای که در امر تولید، به علت تولید قطعات معیوب به وجود آید، موجب اشکال در سیستم می‌گردد. در نتیجه، باید نهایت سعی در تولید قطعات سالم و بدون عیب به عمل آید.

اجرای اتونوماسیون به وسایل مختلف بازبینی اتوماتیک حین تولید نیاز دارد. از جمله، هر موقع که در خط تولید عیبی مشاهده شود، سیستم هشداردهنده جیدوکا عمل می‌کند. در صورت وجود اشکال، جیدوکا عملیات تولیدی را متوقف می‌کند و لامپ

قرمز را در سیستم آندون روشن می‌سازد. چراغ قرمز آندون، کارگران را از مشکل و محل بروز آن مطلع می‌سازد. تا زمانی که مشکل بر طرف نشده است، دستگاه‌های تولیدی متوقف خواهند ماند. برای مواردی که چراغ قرمز آندون روشن می‌شود، تمامی کارگران ذی‌ربط باید برای رفع اشکال اقدام کنند. در اکثر مواقع، تجربه نشان داده است، آندون بیش از چند ثانیه روشن نمانده است [۱].

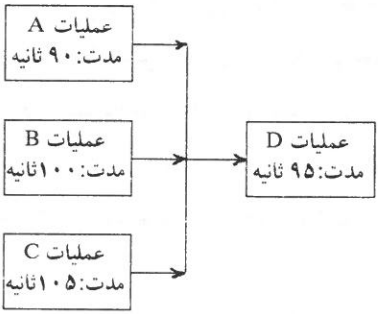
علاوه بر سیستم بازبینی اتوماتیک اتونوماسیون که با استفاده از وسایل خودکار، عملیات بازبینی را انجام می‌دهد، کارگران کارخانه نیز به‌طور غیراتوماتیک کارهایی که در مراحل قبلی خط تولید انجام یافته‌اند را کنترل و بازرسی می‌کنند. این نوع بازبینی در عملیات مونتاژ دستی، عملیات ماشین‌کاری یا پرس‌کاری دستی بیشتر به چشم می‌خورد. اگر یکی از کارکنان با عیبی مواجه شود عملیات را متوقف می‌کند. با این کار، چراغ قرمز آندون که در بالای خط تولید کارخانه نصب شده است به‌طور خودکار روشن می‌شود. با روشن شدن چراغ قرمز، خط ماشین‌کاری یا مونتاژ تا زمان رفع عیب مربوطه متوقف می‌ماند.

اگر آندون بیش از اندازه روشن شود به این معنا است که کارخانه شرایط موردلزوم تولید به هنگام را ندارد. در واقع، یکی از معیارهایی که برای استفاده از سیستم JIT وجود دارد. مدت زمان و دفعاتی است که آندون روشن باقی می‌ماند.

□ ۱ - ۴ - یو ئی دون - هماهنگی کارها :

کاربرد دیگر سیستم آندون، در تولید هماهنگ قطعات یا ماژول‌هایی است که به قسمت بعدی مونتاژ انتقال داده می‌شوند. منظور از یو ئی دون، نوعی مسابقه در تولید سریع‌تر نیست، بلکه هدف این است که همه افراد در یک زمان موردنظر، هماهنگ با یکدیگر، وظیفه خود را انجام دهند. در نتیجه، تأخیرات زمانی که در سیستم وجود دارد یا کلاً بر طرف گردد و یا به حداقل برسد.

سیستم یو ئی دون، به منظور هماهنگی در عملیات تولیدی، از چراغ‌های آندون استفاده می‌کند. در نمودار شماره ۵، سعی شده است کاربرد یو ئی دون حتی‌الامکان نشان داده شود.



نمودار شماره ۵ : کاربرد یو ئی دون

عملیات A، B، C، با مدت‌های زمانی ۹۰، ۱۰۰ و ۱۰۵ ثانیه هر یک، قطعات موردنیاز را برای عملیات مونتاژ بعدی، یعنی عملیات D که ۹۵ ثانیه طول می‌کشد، آماده می‌کنند. توجه داشته باشید که عملیات D، مونتاژ قطعات یا ماژول‌هایی که قبلاً آماده شده‌اند را به عهده دارد. به محض سپری شدن دوره زمانی ۱۰۵ ثانیه که با توجه به طولانی‌ترین عملیات (یعنی عملیات C) تعیین شده است، اگر کارها با وقفه انجام شده باشند چراغ‌های آندون مربوطه روشن می‌شوند. روشن شدن آندون، به معنای وجود تأخیر در یکی از عملیات است. اگر تأخیری در عملیات وجود نداشته باشد هر اپراتوری به محض اتمام عملیات مربوط به خود، با فشردن تکمه‌ای، سویچ چراغ قرمز عملیاتش را که بر مبنای ۱۰۵ ثانیه تنظیم شده است از کار می‌اندازد. به این ترتیب، اگر هر چهار عمل به موقع انجام شوند هیچ چراغ قرمزی روی آندون روشن نمی‌شود. اگر در هر یک از عملیات مشکلی به وجود آید چراغ مربوطه روشن باقی می‌ماند. در چنین مواردی، همان‌گونه که قبلاً گفته شد همه کارگران ذی‌ربط باید برای رفع مشکل اقدام کنند.

❐ ۲ - نتیجه :

در این مقاله سعی شد تا تصویری کلی از سیستم تولید به هنگام ارائه شود. هدف اصلی سیستم تولید به هنگام، این است که همه عملیات تولیدی هماهنگ و به **هنگام**

انجام شوند، به‌طوری که تمام عملیات متوالی تولید با همان ترتیب پیش‌بینی شده انجام شوند و در هیچکدام وقفه‌ای بروز نکند. با وجود دشواری بسیار در رسیدن به این هدف، آنچه واقعاً JIT میسر می‌سازد، انجام مراحل تولید به گونه‌ای است که موجودی ضروری در ایستگاه‌های کاری به حداقل برسد.

استفاده از برچسب‌ها یا کارت‌هایی که به ظروف حاوی قطعات و ماژول‌ها الصاق می‌شود تا اداره و کنترل سیستم به نحو مطلوب انجام شود (سیستم کانبان)، از مهم‌ترین اجزاء JIT است.

برای اجرای تولید به هنگام، لازم است تعدیلات زیادی در فرآیند تولید، الگوهای کاری و طراحی دستگاه‌ها انجام پذیرد. در این مقاله به برخی از آنها اشاره شد. در سیستم تولید به هنگام، قطعات، ماژول‌ها و محصولات نهایی باید فاقد هرگونه نقصی باشند. تنها موردی که در زنجیره طویل تولید قطعات یا ماژول‌ها، ممکن است موجب کارافتادن یا انحراف JIT شود، شیوه کنترل کیفیت و رفع خرابی‌ها یا همان اتونوماسیون است.

سیستم تولیدی ارائه شده در این مقاله برای صنایع مونتاژی مانند تولید خودرو، محصولات الکتریکی، لوازم خانگی، ابزار صنعتی و امثالهم می‌تواند مورداستفاده قرار گیرد. کاربرد این سیستم در مورد صنایعی که فرآیند تولید آنها پیوسته است مانند پالایش نفت، فولادسازی و صنایع شیمیایی چندان قابل توجیه نیست.

در صورت وجود شرایط و ویژگی‌های لازم، بین استفاده از JIT و بهره‌وری می‌باید همبستگی مستقیم و مستحکمی وجود داشته باشد. لذا، امکان سنجش فنی و اقتصادی استقرار JIT در مراکز تولیدی ما می‌تواند، احتمالاً در بعضی از آنها، زمینه یا موجبات ارتقاء بهره‌وری را فراهم کند.

❐ منابع و مآخذ :

1 - C. Carl Pegels, "*The Toyota Production System, International Journal of Operation & Production Managemen"t*, Number 1, 1984.

2 - Moden, Yasuhiro, "*What Makes The Toyota Productior System Really Tick, Industrial Engineering*", January 1981, PP. 36 - 46.

3 - Sugimori, Y. Kusunoki, K. Cho, F. and Uchikawa, "***Toyota Production System and Kanban System Materiali Sation of Just-in-Time and Respect-for-Human System***" Paper Presented at 4th International Conference on Production Research, Tokyo, 197.

4 - Martin K. Starr, "***Managing Production and Operations, Prentice-hall***", 1989.

5 - Donald W. Fogarty & John H. Blackstone & Thomas R. Hoffmann, "***Production and Opertations Management***", South-Western Publishing co, 1991.

6 - Donald W. Fogarty & Thomas R. Hoffmann & Peter W. Stonebraker, "***Production and Operations Management***", South-Western Publishing co, 1989.

7 - William J. Steven Son, "***Production / Operations Management***", Irwin & Toppan, Inc, 1990.

8 - Donald Delmar, "***Operations and Industrial Management***", MCGraw-Hill Book co, 1985.

۹ - شمس‌السادات زاهدی، گرایش ساختاری در طراحی سیستم‌های اطلاعاتی، فصلنامه مطالعات مدیریت پاییز ۷۳ - شماره سوم دوره چهارم.

۱۰ - ایجی گاوا، ترجمه علی‌اصغر توفیق، مدیریت نوین تولید، انتشارات وزارت صنایع - ۱۳۶۹.