



RGHVCO

شرکت خدمات مهندسی
راه آورد گستره شرق

POKA YOKE

[illegible]

دادگر فروغی

دکتر محمد رضا مہ پیگر

بہار ۱۳۸۵

فروغی، دادگر، ۱۳۴۵ -

خطا ناپذیری سازی در فرایندهای ساخت POKA YOKE (پوکا یوکه) / مؤلفین دادگر فروغی،
محمدرضا مه پیکر. - مشهد: انتشارات چهارم، ۱۳۸۵.

۸ + ۱۷۱ ص. مصور، جدول، نمودار.

ISBN: 964-96577-3-8 ریال ۱۵۰۰۰

فهرست نویسی بر اساس اطلاعات فیبا.

کتابنامه: ص. ۱۷۱.

۱. کنترل کیفی. ۲. کنترل فرایندها. الف. مه پیکر، محمدرضا، ۱۳۳۵ - ب. عنوان.

۶۵۸/۵۶۲

TS ۱۵۶ / ف ۴۵ خ ۶

۴۵۸۳۲ - ۸۴ م

کتابخانه ملی ایران

خطا ناپذیری سازی در فرایندهای ساخت POKA YOKE

مؤلفین:

دادگر فروغی - محمدرضا مه پیکر

۱۷۱ صفحه متن فارسی، ۲۰۰۰ نسخه، چاپ اول، بهار ۱۳۸۵

چاپ: مؤسسه چاپ و انتشارات دانشگاه فردوسی مشهد

بها: ۱۵۰۰۰ ریال

شابک: ۹۶۴-۹۶۵۷۷-۳-۸

مراکز پخش: تهران - شرکت ساپکو (واحد فروش کتاب) تلفن: ۴۴۹۰۳۷۵۵-۲۱

مشهد - شرکت رده آورد گستره شرق - نمابر ۶۰۶۷۷۳۳ (۰۵۱۱) - تلفن: ۶۰۶۹۶۹۶ (خط ۶)

بلوار ملک آباد - بین گویا و مرجان - پلاک ۲/۳۸۵

فهرست مطالب

صفحه	عنوان
۳	پیشگفتار
۵	مقدمه
بخش اول - کنترل کیفیت با سطح نقص صفر (Zero Quality Control)	
۱۷	زندگینامه شی جی اُشینگو
۱۹	ZQC
۲۳	عناصر ZQC
۲۳	بازرسی در منشأ
۲۳	خطاناپذیرسازی
۲۵	اقدام یا واکنش سریع
۳۱	دلایل استفاده از ZQC
۳۳	خلاصه ZQC
بخش دوم - پوکا یوکه POKA YOKE	
۳۹	پوکا یوکه
۴۲	زیر بنای پوکا یوکه
۴۲	رویکردهای عملیاتی در خطاناپذیرسازی

صفحه	عنوان
۴۳	رویکرد پیشگیرانه
۴۴	رویکرد اکتشافی
۴۶	عوامل اصلی پیدایش خطا
۵۱	خطاهای انسانی
۵۱	پیچیدگی
۵۱	استرس
۵۱	خستگی
۵۲	محیط
۵۵	آموزش
۵۵	تجربه و مهارت
۵۶	راهکارهای کنترل خطای انسانی
۵۶	رویکرد کنترل مبتنی بر انسان
۵۶	عنصر شناسایی و گزینش
۵۶	عنصر آموزش
۵۷	عنصر محیط
۵۸	رویکرد کنترلی مبتنی بر تکنیکهای فنی
۵۸	استفاده از طرحهای مانع
۶۰	استفاده از طرحهای پیشگیرنده
۶۱	استفاده از طرحهای محافظ

صفحه

عنوان

بخش سوم - روشهای کنترلی در شناسایی خطا و عیب

۷۳	روشهای کنترلی در شناسایی خطا و عیب
۷۳	بازرسی قضاوتی
۷۵	بازرسی اطلاعاتی
۷۸	بازرسی منشأ
۸۰	ریشه‌یابی خطا و عیب در محصولات
۸۳	خطاهای انسانی و خطانایزسازی آنها
۸۶	ماتریس ارتباطات بین عیوب و خطاهای انسانی
۸۸	حالات عیوب و مکانیزم رفتاری کنترل در آنها
۸۸	عیوب در حال پیدایش
۸۹	رفتار توقف دهنده فرآیند
۸۹	رفتار کنترلی در فرآیند
۸۹	رفتار هشدار دهنده یا اعلام نقص
۹۰	عیوب بوجود آمده

بخش چهارم - ملاحظات طراحی و اجرای مکانیزم‌های خطانایزسازی

۹۷	ملاحظات طراحی و اجرای مکانیزم‌های خطانایزسازی
۱۰۱	چند گام در اجرای POKA YOKE

صفحه	عنوان
۱۰۱	شناسایی مشکلات
۱۰۱	اولویت بندی مشکلات
۱۰۳	ریشه یابی مشکلات
۱۰۵	شناسایی و انتخاب راه حل
۱۰۵	ارزیابی نتایج حاصله
۱۰۶	موفقیت یا عدم موفقیت طرحهای پوکا یوکه در چیست ؟
۱۰۸	فرم ثبت پوکا یوکه

بخش پنجم - ابزارهای اکتشافی خطا در پوکا یوکه

۱۱۹	ابزارهای اکتشافی خطا در پوکا یوکه
۱۱۹	روشهای تماسی
۱۲۱	روشهای غیر تماسی
۱۲۸	روشهای مقدار ثابت
۱۲۹	روشهای گام حرکت

بخش ششم - مثالهای اجرا شده برخی مثالها از مراجع دیگر

۱۳۳	مثالهای اجرا شده برخی مثالها از مراجع دیگر
-----	--

۱۷۱	مراجع و ماخذ
-----	--------------

هر ائتلاف، سودی را می‌بلعد که به‌طور معمول درصدی از درآمد حاصل از فروش محصولات است.

ائتلاف، عامل مهمی در به‌خطر افتادن شرکت می‌باشد و ریسک شکست را در پی دارد.



RGVCO

پیشگفتار

همان‌طور که جهان هستی در حال بسط و گسترش است، دنیای صنعتی ساخته‌ی دست بشر نیز به طرز شگفت‌آوری در حال توسعه و گسترش می‌باشد و روز به روز افق‌های جدیدتری برای بشر کره خاکی گشوده می‌شود. شاید آینده‌ای مبهم و نامعلوم در انتظار انسان باشد. این سؤال هنوز برای همگان باقی است که انسان به کجا خواهد رسید؟ اما مسلم است که ما در زمان حال زندگی می‌کنیم و امکانات موجودمان حاصل دست‌رنج پیشینیان است؛ گذشتگانی که تلاش خود را با نگاه به آینده‌ای که امروز ماست انجام داده‌اند. آینده‌ی ما نیز امروز فرداست. یقیناً آیندگان ما را به نقد خواهند گذاشت، نسبت به عمل امروزمان به قضاوت خواهند نشست و چهرایی را نیز خواهند پرسید!

همه‌ی ما باید سعی و تلاشمان این باشد که بخشی از پرسشهای آنها را امروز پاسخ دهیم. پاسخی که نسلِ هوشمندتر از امروزِ آینده را قانع سازد. بر همه‌ی ما پوشیده نیست منابعی را که امروز بشر در اختیار گرفته است محدود می‌باشد و همچنین نیاز انسان به آنها روزافزون است. منابع، میراث گذشته و آینده است. پس همه‌ی کسانی که امروز از این منابع استفاده می‌کنند، باید بر خود لازم بدانند که علاوه بر به‌کارگیری منابع و برطرف کردن نیاز خود، با تمام وجود از آنها حفاظت کنند.

پس چگونه منابع محدود موجود را به کارگیریم و سهمی برای آینده نیز باقی گذاریم، در حالی که از حقوق امروز خود نیز چشم پوشی نکنیم؟!
به نظر تنها یک راه وجود دارد: «استفاده‌ی درست»

استفاده‌ی درست، یعنی برطرف کردن حداکثر نیاز با حداقل منابع و این چیزی است که بشر امروز به آن پی برده و تمام تلاش خود را بر آن معطوف داشته است. او ابزارها، روشها و مکانیزمهایی را ابداع کرده است تا خود را به مطلوب نزدیک سازد.

از میان انبوهی از روشها و ابزارهای پدید آمده، در کتاب حاضر روشی را بیان می‌کنیم که بسیار ساده و پراهمیت است و آن را «خطاناپذیرسازی فرایندها» می‌نامند.

خطاها کم و بیش در سراسر فعالیتهای روزانه‌ی کاری و اجتماعی در کمینند تا منابع محدودمان را به هدر دهند. اگر این خطاها را شناسایی کنیم و روشی برای مقابله با آنها پدید آوریم، توانسته‌ایم علاوه بر پاسخگویی به نیاز غیر قابل انکار امروزمان، بخشی از پرسشهای آیندگان را نیز پاسخگو باشیم و ... ؟ تا چه پیش آید.

با تشکر- مؤلفین

بهار ۱۳۸۵

مقدمه

وقتی از بهبود فرایندها و آسان شدن فعالیتهای کاری صحبت می‌شود، ممکن است خیلی‌ها ناخودآگاه به فکر به کارگیری یکی از اعجازهای انسانی، یعنی استفاده از اتوماسیون در تولید بیفتند؛ به عنوان مثال استفاده از انواع رباتها، دستگاههای CNC و ... اما ژاپنی‌ها خیلی ساده و کم هزینه سعی در کاهش اتلاف و بهینه سازی فعالیتهای کاری کرده و می‌کنند.

شکی نیست که با استفاده از تجهیزات جدید و پیشرفته‌ی همسو و همراستا با رشد تکنولوژی، می‌توان بسیاری از اتلافها^۱ را کاهش داد یا آنها را حذف کرد و باعث بهبود در فعالیتهای شد. اما باید همواره به خود بقبولانیم که الزاماً به کارگیری تکنولوژی مدرن، اولین و بهترین اقدام نبوده است و نمی‌تواند باشد؛ بلکه توصیه می‌کنیم از آن به عنوان آخرین اقدام، یعنی هنگامی که راههای ساده و کم هزینه تقریباً به انتها و بن‌بست رسیده است، استفاده گردد. وقتی مشاهده می‌شود که با شیوه‌های ساده و نوآورانه چگونه توانسته‌ایم به نتایج شگرف و معجزه‌آسایی دست یابیم، بحقیقت درمی‌یابیم که سخت‌افزارها به تنهایی نمی‌توانند ما را در جهت دستیابی به نتایج عالی هدایت کنند. گردانندگان اصلی، نیستند جز انسانهایی که رشد یافته و در باورهای خود تغییراتی شگرف به وجود آورده‌اند.

اگر تنها سخن و باورمان این باشد که «اتلافها را پیدا و آنها را حذف کنیم»، آن وقت با چشمان خود خواهیم دید که چگونه به موفقیت می‌رسیم

1) waste

اکثر کسانی که با آنها صحبت می‌کنیم، باور نمی‌کنند که به‌همین سادگی می‌توان نتایج قبلی را تغییر داد و به‌نتایج جدید و خوبی رسید. همه‌ی ما به‌طور روزانه فعالیت‌هایی را انجام می‌دهیم و یا به‌فکر انجام آن هستیم؛ اما همه‌ی فعالیت‌هایمان با آنچه از پیش تصور کرده‌ایم انطباق ندارند. بعضی از کارها مطابق خواسته‌ی ما بوده و برخی دیگر مورد نظر ما نبوده‌اند؛ ولی به‌رحال با آنها مواجه شده‌ایم. اگر کمی دقیق‌تر شویم، خواهیم دید که می‌توانیم کارهای روزانه‌ی خود را به‌صورت زیر نشان دهیم:

اتلافها + کارهای واقعی (دارای ارزش افزوده) = کارهای روزانه

برای افزایش بهره‌وری و دستیابی به مطلوبها باید اتلافها را شناسایی و حذف کرد. اتلاف یا مودا^۱، بخشی از کار است که هیچ ارزشی به محصول یا خدمات قابل ارائه‌ی ما اضافه نمی‌کند و تنها باعث افزایش هزینه‌ی ما در انجام کار می‌شود. بد نیست برای شناسایی و آگاهی، اطلاعات بیشتری راجع به اتلافها بدانیم.

اتلافها به هشت دسته تقسیم می‌شوند. این تقسیم‌بندی می‌تواند به‌ما در تجزیه و تحلیل فعالیت‌های جاری روزانه کمک بیشتری کند:

۱- اتلاف ناشی از تولید مازاد

۲- اتلاف ناشی از حرکات اضافی

۱) muda: اصطلاح ژاپنی به معنی اتلاف

- ۳- اتلاف ناشی از موجودی غیرضروری
- ۴- اتلاف ناشی از تولید کالای معیوب
- ۵- اتلاف ناشی از طولانی بودن زمان انتظار
- ۶- اتلاف ناشی از حمل و نقل
- ۷- اتلاف ناشی از فرایند اضافی در تولید
- ۸- اتلاف ناشی از عدم استفاده‌ی بهینه از نیروی انسانی و تجهیزات (وجود نیروی انسانی و تجهیزات اضافی)

به آمار زیر توجه کنید :

در سال ۱۹۳۷:

بهره‌وری کارگر آلمانی، ۳ برابر کارگر ژاپنی،

بهره‌وری کارگر آمریکایی، ۳ برابر کارگر آلمانی،

و در نتیجه بهره‌وری کارگر آمریکایی، ۹ برابر کارگر ژاپنی.

ژاپنی‌ها فکر کردند چگونه می‌توانند بهره‌وری‌شان را به‌حد آمریکایی‌ها برسانند. آیا واقعاً آمریکایی‌ها ۹ برابر ژاپنی‌ها تلاش فیزیکی می‌کردند؟! پس از بررسی‌های صورت گرفته توسط ژاپنی‌ها، آنها به این واقعیت رسیدند که این‌گونه نیست!

ژاپنی‌ها با خود گفتند: اگر این‌چنین نیست، پس حتماً ما چیزهای زیادی را تلف می‌کنیم. در این راستا یکی از روشها و تکنیکهای مؤثر در کاهش اتلافها توسط ژاپنی‌ها یعنی تولید بهنگام (Just In Time) ابداع گردید.

روش تولید بهنگام یا JIT از بروز بسیاری از اتلافها جلوگیری می‌کند و سازمانها را به هدف «موجودی صفر» می‌رساند. شرکت تویوتا یکی از شرکتهایی است که توانست با به‌کارگیری سیستم تولید مخصوص به‌خود گوی سبقت را از سایر رقبا بگیرد. سیستم تولید در تویوتا با هدف «حذف مطلق اتلاف» به صورت زیر تعریف شد^۱:



در ابتدا مشکلات بسیاری بر سر راه به‌کارگیری تولید بهنگام (JIT) وجود داشت. مشکلاتی مانند اشتباه در پیش‌بینی‌ها، اشتباه در عملیات اداری و دفتری، تولید قطعات غیر برنامه‌ریزی شده، تولید قطعات معیوب و ضایع، دوباره‌کاریها، بروز مشکلات در تجهیزات تولیدی و

برای تحقق کامل اهداف تعریف شده در تولید بهنگام (JIT) فقط یک راه وجود داشت، آن‌هم حل مشکلات به‌صورت ریشه‌ای به‌گونه‌ای که دیگر اتفاق نیفتد.

(۱) تانی‌چی اوهنو (Taichi-Ohno) در دهه‌ی ۱۹۷۰ و ۱۹۸۰ به‌اتفاق سایر همکارانش سیستم تولید تویوتا را بنا نهاد و سپس توسعه داد که بعدها در سراسر دنیا به‌نام تولید ناب (lean production) شناخته شد و منشأ تغییرات شگرفی در کیفیت و بهره‌وری در صنعت گردید.

یکی دیگر از زیرساختهای شرکت تویوتا موتورز، استفاده از **Autonomation** یا اتوماسیون هوشمند است.^۱

تصور نمایید وقتی کلید شروع به کار (Start) دستگاهی را روشن می کنید و چنانچه دستگاه مورد نظر خودکار (Automatic) باشد، احتمال دارد به هر علت ممکن، مشکلاتی برای تولید به وجود آید. اگر چه دستگاه اتوماتیک است؛ اما ممکن است مشکل یا خطای به وجود آمده تکرار شود و سبب تولید قطعات معیوب گردد. با چنین دستگاههایی نمی توان جلوی خطا را گرفت. این دستگاهها تنها نیاز به تعداد کارکنان و زمان تولید و یا در برخی موارد خطاهای انسانی ناشی از تنظیمات مکرر را کاهش می دهند. اما در Jido-Ka یا اتوماسیون هوشمند به گونه ای عمل می شود که دستگاه بتواند بدون نیاز به وجود انسان مشکلات را شناسایی و برطرف کند.

جیدوکای توسعه یافته ی امروز، ایده ی تویودا ساکی چی^۲ مخترع ماشین پارچه بافی خودکار است. ساکی چی یک نوع ماشین پارچه بافی اختراع کرد که به محض پاره شدن یکی از تار و پودهای پارچه، دستگاه می توانست به طور

(۱) اتوماسیون هوشمند با نحوه ی خودکارسازی ماشین آلات به طریقه ی عادی (Automation) متفاوت است. معادل واژه ی اتوماسیون هوشمند در زبان ژاپنی جیدوکا (Jido-Ka) اطلاق می شود که مفهوم خودگردان سازی هوشمند را می رساند.

(۲) تویودا ساکی چی (1867-1930) پدر تویودا کیئی چی رو (1894-1952) صاحب اولیه ی شرکت تویوتا موتورز می باشد.

خودکار متوقف شود. لذا بدین وسیله از تولید محصول معیوب جلوگیری کرد. بنابراین دیگر امکان تولید هیچ محصول معیوبی وجود نداشت. امروزه در شرکت تویوتا تقریباً بر روی تمام دستگاههای قدیمی و جدید اتوماسیون هوشمند نصب شده است تا در صورت بروز خطا، عملیات کاری به طور خودکار متوقف گردد و اپراتور یا سرپرست تولید بتواند به رفع ریشه‌ای عیب بپردازد. در شرکت تویوتا یادگاری آموزنده زیر از تویوتا ساکی چی به جای مانده است:

«زمانی ماشین آلات می‌توانند در خدمت انسانها قرار گیرند که
هوش انسانی به آنها اضافه شده باشد.»

به طور خلاصه باید ذکر کرد که در جیدوکا یا اتوماسیون هوشمند دو وظیفه‌ی اصلی در نظر گرفته شده است:

الف) جلوگیری از اضافه تولید و اتلافهای مرتبط در عملیات ساخت و تولید

ب) جلوگیری از تولید محصول معیوب

اگر در واحد تولیدی یا خدماتی، کار را انجام آن دسته از فعالیتها یا اموری بدانیم که منجر به حرکت فرایند در جهت رسیدن به هدف اصلی آن می‌گردد، هدف واحدهای اقتصادی که همان صد درصد نمودن بازده کار (کار واقعی در جهت پردازش محصول یا خدمات) و البته به طور نسبی است، تحقق پیدا خواهد کرد. اما در واقع چنین رویدادی در فعالیتهای واحدهای اقتصادی امکان‌پذیر

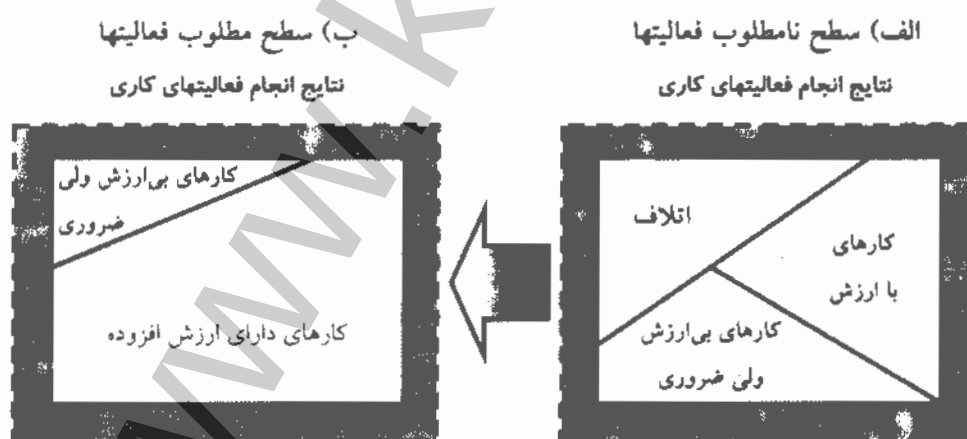
نیست. به اجبار بخشی از فعالیتهای ما به گونه ای است که به طور مستقیم صرف تکوین محصول یا ایجاد خدمات نمی شود؛ مثلاً مجبوریم حرکتهایی اضافی بین ایستگاههای کاری داشته باشیم، قطعاتی را برداریم و در جایی خاص قرار دهیم، یا این که برای دریافت کالا یا مواد به انبار مراجعه کنیم و از این قبیل فعالیتهای کم هم نیستند.

بنابراین می توان فعالیتهای کاری روزمره در یک واحد اقتصادی را به صورت

زیر بیان کرد:

- ۱- کارهای با ارزش (کار واقعی)
- ۲- کارهای بی ارزش یا کم ارزش ولی ضروری
- ۳- کارهای بی ارزش و غیر ضروری (اتلافها)

شکل ۱، نوعی طبقه بندی فعالیتهای را به صورت مطلوب و غیرمطلوب نشان می دهد:



شکل ۱

تلاش طراحان و کارشناسان در واحدهای اقتصادی باید این باشند که در مرحله‌ی اول اتلافها را حذف نمایند و زمان انجام کارهایی که ارزش افزوده ندارند ولی ضروری هستند را به حداقل ممکن برسانند و مهم کارهای دارای ارزش افزوده را در مجموع فعالیتهای اقتصادی افزایش دهند. (حرکت فرایندها از تصویر «الف» به سمت تصویر «ب» در شکل ۱)

برای این کار قبل از وقوع خطا باید خودمان سراغ آن برویم؛ به این مفهوم که پیش از پیدایش خطا آن را شناسایی کنیم و به‌طور ریشه‌ای برطرف نماییم؛ یعنی اقدامی پیشگیرانه^۱ انجام دهیم. تکنیکها و روشهای متعددی نیز برای این کار ابداع شده‌اند که جایگاه پیدایش بیشتر آنها ایالت متحده‌ی آمریکا است.

به‌عنوان مثال از بین این تکنیکها، تکنیک FMEA^۲ یکی از پرکاربردترین و قویترین است. نمودار استخوان ماهی (FishBone)، روش درخت خطا و ... روشهای مفید دیگری هستند که می‌توان از آنها نام برد.

هنگامی که خطایی رخ داده است، باید مسأله به‌گونه‌ای حل شود که علاوه بر اصلاح خطاهای مشاهده شده، مانع تکرار اشتباه مذکور گردد؛ یعنی اقدام اصلاحی^۳ صورت گرفته باشد.

نکته‌ی مهمی که در انجام اقدام اصلاحی وجود دارد، بخش دوم عبارت است؛ یعنی عملی که منجر به اقدام پیشگیرانه گردد. به بیانی دیگر، اقدام اصلاحی به دو قسمت تقسیم می‌شود: بخش اول، اصلاح خطاها و بخش دوم،

۱) Preventive Action

۲) Failure Modes And Effects Analysis

۳) Corrective Action

اقدام پیشگیرانه. متأسفانه در بسیاری از شرکتها به این موضوع توجه نمی‌شود و تقریباً می‌توان گفت تمام آنها اقدام اصلاحی را بدرستی انجام نمی‌دهند. معمولاً آنها بخش اول، یعنی تعمیر یا اصلاح عیب که ساده‌تر است را انجام می‌دهند. بنابراین، اقدامات صورت گرفته اثربخشی لازم را ندارد؛ زیرا ریشه‌ی بروز عیب برطرف نشده و هنوز به قوت خود باقی است.

در این راستا تصمیم گرفته شد تا مکانیزم جلوگیری از تولید محصول معیوب با رویکرد جلوگیری از خطا که امروزه در صنایع مختلف بسیار رایج است را برای علاقه‌مندان تحت عنوان «خطاناپذیرسازی یا پوکایوکه» تشریح و آنرا به منظور به کارگیری در صنایع مختلف توصیه نمود.