



کویر تایر

اولین وکیلند قیادیر شین ایند

افزایش بهره‌وری ماشین کلندر سیمی با رویکرد مهندسی مجدد فرآیند و طراحی ایستگاه کاری

علی کیانی: رئیس برنامه ریزی و کنترل تولید، شرکت کویر تایر

Ali.kiaani1996@gmail.com-09158653574

فاطمه فلاحي: کارشناس برنامه ریزی، شرکت کویر تایر

چکیده: در صنعت تایرسازی، ماشین کلندر سیمی به عنوان یکی از تجهیزات کلیدی در فرآیند تولید، نقش مهمی در تعیین نرخ خروجی خط تولید ایفا می‌کند. زمان‌های غیرمولد ناشی از عملیات بارگیری، تنظیمات اولیه و تعویض رول‌ها، موجب کاهش بهره‌وری کلی و افزایش ضایعات زمانی می‌گردد. این مطالعه با رویکرد مهندسی صنایع و بهره‌گیری از تکنیک‌های تحلیل گلوگاه، زمان‌سنجی استاندارد و بازطراحی فرآیند، به بررسی و بهینه‌سازی مراحل آماده‌سازی ماشین کلندر در کارخانه مورد پژوهش پرداخته است. با اجرای چهار اقدام اصلاحی شامل نصب سیستم لت‌آف و جرتقیل، طراحی شبکه انتقال سیم ذخیره، افزودن شانه پیش از کمروول، و بهینه‌سازی عرض لایه تولیدی، زمان فرآیند تولید یک سیکل کامل، از ۱۶۱۷ دقیقه به ۱۱۲۲ دقیقه کاهش یافت. این کاهش ۲۳ درصدی در زمان چرخه، منجر به افزایش نرخ بهره‌وری کلی تجهیزات(OEE)، بهبود شاخص بهره‌وری کل عوامل (TFP)، و ارتقاء قابلیت تولید تایرهای SUV گردید. نتایج پروژه نشان می‌دهد که با رویکردی داده محور و مبتنی بر اصول مهندسی مجدد فرآیند(BPR)، می‌توان ظرفیت عملیاتی ماشین‌آلات حیاتی را به‌طور چشم‌گیر افزایش داد.

واژه‌های کلیدی:

افزایش بهره‌وری، بازطراحی فرآیند

محور مقاله: ر فناوری ماشین‌آلات و قطعات تولیدی(بهره‌وری ماشین‌آلات و افزایش بازدهی تولید)

مقدمه: در صنایع تولیدی با نرخ تولید بالا و حساسیت‌های کیفی، به‌ویژه در صنعت تایرسازی، بهینه‌سازی فرآیندهای تولیدی و کاهش زمان‌های غیرمولد از الزامات حیاتی برای حفظ رقابت‌پذیری و بهره‌وری محسوب می‌شود. ماشین کلندر سیمی، به‌عنوان یکی از تجهیزات کلیدی در فرآیند ساخت لایه‌های سیمی تایر، نقش تعیین‌کننده‌ای در کیفیت ساختار تایر، نرخ تولید، و قابلیت‌های فنی محصول نهایی دارد. عملکرد این ماشین مستقیماً تحت تأثیر زمان‌های آماده‌سازی، بارگیری سیم و تنظیمات تولیدی قرار دارد که در صورت عدم بهینه‌سازی، منجر به کاهش شاخص بهره‌وری کلی تجهیزات (OEE)، افزایش زمان‌های توقف برنامه‌ریزی نشده، و افت کارایی عملیاتی(Operational Efficiency) می‌گردد.

با توجه به اهمیت کاهش Lead Time و افزایش بازدهی در خطوط تولید تایر، این تحقیق با رویکردی مبتنی بر مهندسی صنایع و استفاده از ابزارهای تحلیل فرآیند(Process Mapping)، زمان‌سنجی صنعتی(Time Study)، و مهندسی مجدد فرآیند(BPR)، به بررسی و بهینه‌سازی عملکرد ماشین کلندر سیمی در یک کارخانه تولید تایر پرداخته است. هدف اصلی پروژه، کاهش زمان‌های غیرمولد و افزایش ظرفیت عملیاتی ماشین از طریق طراحی و اجرای اقدامات اصلاحی هدفمند بوده است.

مطابق با دیدگاه‌های ارائه‌شده توسط Slack و همکاران[Slack et al., 2010]، بهره‌وری در تولید تنها وابسته به سرعت نیست، بلکه به هماهنگی دقیق بین منابع، فرآیندها و طراحی ایستگاه کاری بستگی دارد. همچنین، طبق اصول مهندسی مجدد فرآیند(BPR)، به‌عنوان راهکارهای اجرایی انتخاب شدند. این اقدامات منجر به کاهش ۲۳ درصدی در زمان چرخه تولید و بهبود شرایط کاری اپراتورها گردید.

چهار اقدام کلیدی شامل نصب سیستم لت‌آف، نصب جرتقیل برای تسهیل و کاهش زمان بارگیری سیم، طراحی شبکه انتقال سیم ذخیره جهت کاهش زمان عبور و افزودن شانه پیش‌کمروول برای تسریع در عبور سیم از کمروول و تنظیمات آن، به‌عنوان راهکارهای اجرایی انتخاب شدند. این اقدامات منجر به کاهش ۲۳ درصدی در زمان چرخه تولید و بهبود شرایط کاری اپراتورها گردید.

در این مقاله، یک پروژه عملی ارائه می‌شود که با استفاده از ابزارهای تحلیل فرآیند[Groover, 2015]، زمان‌سنجی صنعتی، و طراحی مجدد ایستگاه کاری، به کاهش زمان‌های غیرمولد در ماشین کلندر سیمی پرداخته است. این مقاله ضمن ارائه جزئیات فنی پروژه، به تحلیل اثرات آن بر شاخص‌های بهره‌وری، کیفیت محصول، و قابلیت توسعه در سایر خطوط تولید خواهد پرداخت. نتایج حاصل، نشان‌دهنده ظرفیت بالای رویکردهای داده‌محور و مهندسی فرآیند در ارتقاء عملکرد تجهیزات حیاتی صنعت تایر می‌باشد.

روش تحقیق: این تحقیق با هدف افزایش بهره‌وری ماشین کلندر سیمی و کاهش زمان‌های غیرمولد، از رویکردی چندمرحله‌ای و داده‌محور بهره گرفته است. مراحل اجرای پروژه شامل تحلیل فرآیند، شناسایی گلوگاه‌ها و شناسایی زمان‌های غیر مولد، طراحی اقدامات اصلاحی، اجرای پایلوت، و ارزیابی اثربخشی بوده است که در ادامه به بررسی همه این مراحل می‌پردازیم.

تحلیل وضعیت موجود:

با استفاده از نقشه جریان فرآیند و زمان‌سنجی صنعتی مستقیم، مراحل کلیدی ماشین کلندر شامل بارگیری سیم، عبور از شبکه، تنظیمات مکانیکی، آماده‌سازی و تعویض رول‌ها مستندسازی شدند. داده‌ها در چند شیفت کاری جمع‌آوری شده و میانگین‌گیری آماری برای کنترل نوسانات عملکردی انجام شد که نتایج آن در جدول شماره ۱ دسته‌بندی شده است.

جدول شماره ۱: وضعیت موجود			
فعالیت	زمان اولیه (دقیقه)	درصد از کل زمان	زمان های غیر مولد
بارگیری سیم	180	11%	بله
عبور سیم از شبکه	120	7%	بله
عبور سیم از کمروول	180	11%	بله
زمان الوانس پرسنل در یک سیکل تولید	195	12%	بله
آماده سازی تولید در ابتدا هر شیفت در یک سیکل تولید	135	8%	بله
تولید،تعویض رول های تولید شده و تخلیه سیم ها در انتهای سیکل تولید	807	50%	خیر
جمع کل	1617	100%	—

با استفاده از مدل هفت اتلاف(مودای) کلاسیک در تولید ناب، چهار فعالیت با بیشترین سهم در زمان‌های غیرمولد شناسایی شد. این فعالیت‌ها شامل حمل دستی و بارگذاری قرقره های سیم،عبور سیم از شبکه مرتب سازی سیم ها و عبور سیم از کمروول و تنظیمات چیدمان آن می باشد.

طراحی اقدامات اصلاحی:

پس از تحلیل دقیق فرآیند و شناسایی گلوگاه‌های عملکردی، چهار اقدام اصلاحی با هدف کاهش زمان‌های غیرمولد، افزایش بهره‌وری، و بهبود شرایط کاری اپراتورها طراحی شد. این اقدامات بر اساس اصول مهندسی مجدد فرآیند(BPR)، ارگونومی صنعتی، و طراحی سیستم‌های تولید انعطاف‌پذیر تعریف شده اند.

- نصب سیستم لت‌آف ذخیره و جرتقیل سقفی: روش اولیه بارگیری سیم به‌صورت دستی، نیازمند نیروی انسانی، زمان‌بر، و مستعد خطا بود که راهکار آن نصب لت‌آف ذخیره و جرتقیل سقفی برای انتقال مستقیم سیم از انبار به محل تغذیه ماشین بود که از مزایای آن شامل حذف کامل زمان بارگیری (۱۸۰ دقیقه صرفه‌جویی)، کاهش فشار فیزیکی بر اپراتورها، افزایش ایمنی و کاهش ریسک آسیب‌دیدگی پرسنل می باشد.
- طراحی شبکه انتقال سیم ذخیره: در روش ابتدایی با توجه به وجود یک شبکه و عدم وجود ظرفیت بیش از ۹۶۰ سیم در آن، امکان بیرونی کردن این فعالیت وجود نداشت. اما با نصب شبکه ثانویه ریلی و امکان بارگیری آن به جای شبکه اصلی، زمان ناشی از فعالیت عبور از شبکه به میزان بسیار چشمگیری (از ۱۲۰ به ۳۰ دقیقه) کاهش می یابد.
- افزودن شانه پیش از کمروول: در حال حاضر با توجه به عبور ۹۶۰ سیم از کمروول، فرآیند کشیدن سیم زمان بر می باشد. اما می توان با استفاده از شانه که عبور سیم از شانه نیز به صورت بیرونی صورت بپذیرد فرآیند کشیدن سیم را تسهیل کرد و زمان فرآیند را کاهش داد که از مزایای آن می توان به کاهش زمان کشیدن سیم از ۱۸۰ به ۶۰ دقیقه، افزایش انعطاف‌پذیری در تولید لایه‌های متنوع، کاهش وابستگی به اپراتورهای ماهر در تنظیمات اشاره کرد.

خلاصه اقدامات انجام شده را در جدول شماره ۲ ذکر شده است:

جدول شماره ۲: اقدامات اصلاحی					
اقدام اصلاحی	زمان اولیه	زمان پس از اصلاح	صرفه‌جویی	ابزار مهندسی	اثر کلیدی
اضافه شدن لت‌آف و جرتقیل	۱۸۰ دقیقه	۰	۱۸۰ دقیقه	ارگونومی، طراحی مکانیکی	حذف کامل بارگیری دستی
ایجاد شبکه انتقال ذخیره	۱۲۰ دقیقه	۳۰ دقیقه	۹۰ دقیقه	جریان مواد، طراحی مسیر	عبور سریع و بدون توقف
اضافه کردن شانه پیش از کمروول	۱۸۰ دقیقه	۶۰ دقیقه	۱۲۰ دقیقه	طراحی مکانیکی، تنظیم سریع	کاهش زمان

همچنین با کوتاه شدن زمان کلی تولید، تعداد شیفت‌های اختصاص یافته به یک سیکل تولید از ۳.۴ شیفت به ۲.۳ شیفت کاهش می یابد که این موضوع باعث کوتاه شدن زمان های الوانس (Allowance) اختصاص یافته به پرسنل وکاهش زمان های آماده سازی در ابتدای هر شیفت می گردد.

پروژه‌ها در یک دوره پایلوت اجرا شدند. داده‌های جدید با همان روش زمان‌سنجی صنعتی جمع‌آوری و در جدول شماره ۳ با داده‌های اولیه مقایسه گردید.

جدول شماره ۳: وضعیت نهایی			
فعالیت	زمان اولیه (دقیقه)	زمان ها پس از اجرای پروژه (دقیقه)	درصد کاهش زمان
بارگیری سیم	180	0	100%
عبور سیم از شبکه	120	30	75%
عبور سیم از کمروول	180	60	67%
زمان های استراحت اپراتور ها در یک سیکل تولید	195	135	31%
آماده سازی تولید در ابتدا هر شیفت در یک سیکل تولید	135	90	33%
تولید،تعویض رول های تولید شده و تخلیه سیم ها در انتهای سیکل تولید	807	807	0%
جمع کل	1617	1122	31%

نتایج: اجرای چهار اقدام اصلاحی در ماشین کلندر سیمی منجر به کاهش چشم‌گیر زمان‌های غیرمولد، افزایش نرخ خروجی، و بهبود شاخص‌های بهره‌وری شد. در ادامه، نتایج حاصل از مقایسه داده‌های قبل و بعد از انجام اصلاحات به شرح ذیل می باشد:

- کاهش زمان کل فرآیند:** پس از انجام کلیه اصلاحات، زمان یک چرخه کامل تولید (از لحظه بارگیری قرقره های سیم تا پایان تولید و تخلیه قرقره ها) از ۱۶۱۷ دقیقه به ۱۱۲۲ دقیقه کاهش یافت که منجر به حدود ۳۱ درصد بهبود در زمان کل فرآیند تولید شده است. این کاهش

17 Conference And 9 Exhibition Rubber And Related Industries

Iranmall
January 6-7
2026

ایران مال
۱۸ تا ۲۱ دی ماه
۱۴۰۴

زمان چرخه، معادل آزادسازی بیش از ۸ ساعت کاری در هر سیکل تولید است که می‌تواند برای افزایش تعداد تولید، کاهش شیفت اضافه‌کاری، یا اجرای تعمیرات پیشگیرانه مورد استفاده قرار گیرد.

- افزایش بهره‌وری کلی تجهیزات(OEE):** با فرض ثابت بودن دو پارامتر P , Q در شاخص OEE پارامتر A(کل زمان در دسترس/زمان تولید = A) قبل از اصلاح ساختار فرآیند برابر ۴۳٪ و پس از اصلاح فرآیند برابر ۶۲٪ می باشد که افزایش ۱۹٪ در OEE نشان‌دهنده استفاده بهینه‌تر از ماشین کلندر در زمان مفید تولید است. این شاخص یکی از مهم‌ترین معیارهای عملکرد در صنعت تولید محسوب می‌شود. همچنین افزایش نرخ تولید در یک بازه زمانی مشخص مستقیماً منجر به افزایش سودآوری خواهد شد.
- بهبود شرایط کاری و ارگونومی:** حذف حمل دستی سیم با نصب جرتقیل سقفی، کاهش نیاز به تنظیمات کمروول، کاهش توقف‌های ناشی از پاره گی سیم و افزایش ایمنی و کاهش ریسک آسیب‌دیدگی اپراتورها منجر به افزایش رضایت شغلی، کاهش خستگی، و کاهش خطاهای انسانی شده‌اند که در بلندمدت بر کیفیت محصول و پایداری تولید اثرگذارند.

پروژه حاضر با هدف افزایش ظرفیت عملیاتی ماشین کلندر سیمی در کارخانه تولید تایر، از طریق کاهش زمان‌های غیرمولد و بهبود فرآیندهای جانبی طراحی و اجرا شد. با بهره‌گیری از رویکردهای مهندسی صنایع شامل تحلیل فرآیند، زمان‌سنجی صنعتی، و مهندسی مجدد، چهار اقدام اصلاحی کلیدی تعریف گردید که شامل نصب سیستم لت‌آف، نصب جرتقیل، طراحی شبکه انتقال سیم ذخیره و افزودن شانه پیش از کمروول بود. نتایج حاصل از اجرای این اقدامات نشان داد که زمان کل فرآیند از ۱۶۱۷ دقیقه به ۱۱۲۲ دقیقه کاهش یافت، در حالی که زمان تولید مفید ثابت باقی ماند. این کاهش ۳۰.۶ درصدی در زمان چرخه منجر به افزایش شاخص بهره‌وری کلی تجهیزات (OEE) از ۴۳٪ به ۶۲٪ و رشد نرخ خروجی گردید. همچنین، بهبود شرایط ارگونومیک و کاهش فشار فیزیکی بر نیروی انسانی، کیفیت کاری و ایمنی را ارتقاء داد. از منظر راهبردی، این پروژه نشان داد که با رویکردی داده‌محور و مبتنی بر اصول مهندسی فرآیند، می‌توان ظرفیت ماشین‌آلات حیاتی را بدون نیاز به سرمایه‌گذاری سنگین در تجهیزات جدید، به‌طور چشم‌گیری افزایش داد. در نهایت، اقدامات اصلاحی انجام‌شده نه‌تنها در ماشین کلندر سیمی قابل تعمیم هستند، بلکه می‌توان آن‌ها را به‌عنوان الگوی بهبود در سایر خطوط تولید با ماهیت مشابه نیز به‌کار گرفت. این پروژه نمونه‌ای بسیار موفق و کاربردی از تلفیق دانش مهندسی صنایع با تجربه عملیاتی در صنعت تایر است که می‌تواند مبنای توسعه‌های آتی در حوزه بهره‌وری، کیفیت و انعطاف‌پذیری تولید باشد.

منابع:

- Slack, N., Chambers, S., & Johnston, R. (2010). *Operations Management* (6th Edition). Pearson Education.
- Groover, M. P. (2015). *Work Systems and the Methods, Measurement, and Management of Work*. Pearson.
- Hammer, M., & Champy, J. (2009). *Reengineering the Corporation: A Manifesto for Business Revolution*. HarperBusiness. (BPR).
- Juran, J. M., & Godfrey, A. B. (1999). *Juran's Quality Handbook*. McGraw-Hill. (TFP).
- Shingo, S. (1989). *A Study of the Toyota Production System: From an Industrial Engineering Viewpoint*. Productivity Press
- ISO 22400:2014 *Key Performance Indicators (KPIs) for Manufacturing Operations Management*.