Karafan

Quarterly Scientific Journal of Technical and Vocational University

Summer 2020, Vol. 17, No. 2, p. 69-83

Journal homepage: https://karafan.tvu.ac.ir/?lang=en

TVU

doi:10.48301/KSSA.2021.119213 20.1001.1.23829796.1399.17.2.5.9

Original Research

E-ISSN: 2538-4430
ISSN: 2382-9796

Identification and Explanation of Cleaner Production Indicators and Solutions in Medium Density Fiberboard (MDF) Factory

Fatemeh Hassani Khorshidi[1*], Majid Azizi[2], Hamid Zare Hossein Abadi[3], Mehdi Faezipour[4]

[1]PhD Candidate, Wood and Cellulose Products Engineering, Faculty of Natural Resources, Tarbiat Modarres University, Tehran, Iran.

[2]Professor, Department of Wood and Paper Sciences, Faculty of Natural Resources, University of Tehran, Karaj, Iran.

[3,4]Associate Professor, Department of Wood and Paper, Faculty of Natural Resources, University of Tehran, Karaj, Iran.

ARTICLE INFO

Received: 05.16.2020
Revised: 05.24.2020
Accepted: 09.06.2020

Keyword:
Strategic Production
Cleaner Production
Medium Density Fiberboard (MDF)
Criteria
Sub-criteria

***Corresponding Author:**
Fatemeh Hassani Khorshidi
Email:
F.H.Khorshidi@gmail.com

ABSTRACT

Cleaner production helps preserve raw materials and water. It also eliminates hazardous materials and reduces the amount of emission toxicity as well as waste in the production process. This type of production is a universal strategy to make the necessary changes to technology and industry. Since factories of medium density fiberboard face such problems as excessive energy consumption and production of significant amounts of solid waste, reducing the adverse effects of these problems, in line with cleaner production strategies, should be considered a priority in planning. This article describes the results of the first phase of a research project which aimed to prioritize the cleaner production criteria in a medium density fiberboard factory through a hierarchical analysis process. After rigorous field research, the main criteria of product improvement, process change, recycling, implementation of BOM system, and human resources were identified and subsequently divided into 62 sub-criteria.

© 2020 Technical and Vocational University, Tehran, Iran. This article is an open-access article distributed under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution-Noncommercial 4.0 International (CC BY-NC 4.0 license) (https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/).

کارافن
فصلنامه علمی دانشگاه فنی و حرفه‌ای
تابستان ۱۳۹۹، دوره ۱۷، شماره ۲، ۸۳-۶۹
آدرس نشریه: https://karafan.tvu.ac.ir/
doi:10.48301/KSSA.2021.119213
20.1001.1.23829796.1399.17.2.5.9

مقاله پژوهشی
شاپای الکترونیکی: ۲۵۳۸-۴۴۳۰
شاپای چاپی: ۲۳۸۲-۹۷۹۶

شناسایی و تبیین شاخص‌ها و راهکارهای تولید پاک‌تر در کارخانه تخته فیبر دانسیته متوسط (MDF)

فاطمه حسنی خورشیدی[1*]، مجید عزیزی[2]، حمید زارع حسین‌آبادی[3]، مهدی فائزی پور[4]

۱- دانشجوی دکتری، مهندسی صنایع چوب و فرآورده‌های سلولزی، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تربیت مدرس، تهران، ایران.
۲- استاد گروه علوم و صنایع چوب و کاغذ، دانشکده منابع طبیعی،دانشگاه تهران، کرج، ایران.
۳، ۴- دانشیار گروه علوم و صنایع چوب و کاغذ، دانشکده منابع طبیعی،دانشگاه تهران، کرج، ایران.

اطلاعات مقاله

دریافت مقاله: ۱۳۹۹/۰۲/۲۷
بازنگری مقاله: ۱۳۹۹/۰۶/۰۳
پذیرش مقاله: ۱۳۹۹/۰۶/۱۶

کلید واژگان:
تولید راهبردی
تولید پاک‌تر
تخته فیبر با دانسیته متوسط (MDF)
شاخص
زیرشاخص

***نویسنده مسئول:** فاطمه حسنی خورشیدی
پست الکترونیکی:
F.H.Khorshidi@gmail.com

چکیده

تولید پاک‌تر سبب حفظ مواد اولیه، آب، انرژی بر طرف کردن مواد اولیه خطرناک و کاهش مقدار و سمیت مواد منتشره و زباله‌ها در طول فرایند تولید می‌شود. این تولید، راهبردی جهانی به‌منظور ایجاد تغییرات موردنیاز در تکنولوژی و صنعت می‌باشد. از آنجایی که کارخانه‌ها تخته فیبر دانسیته متوسط با مشکلاتی چون مصرف بی‌رویه انرژی، تولید مقدار قابل‌توجهی ضایعات جامد و مواد اولیه خام و ... مواجه می‌باشند. لذا باید کاهش اثرات سوء این مشکلات را در هم‌سویی با استراتژی‌های تولید پاک‌تر، در اولویت برنامه‌های خود قرار دهند. این مقاله به تشریح نتایج بخش اول پروژه تحقیقاتی اولویت‌بندی شاخص‌ها و راهکارهای تولید پاک‌تر در کارخانه تخته فیبر دانسیته متوسط به روش فرایند تحلیل سلسله‌مراتبی می‌پردازد. پس از تحقیقات میدانی شاخص‌های اصلی تولید پاک‌تر در این صنعت به ۶۲ زیر شاخص در ۵ شاخص اصلی (اصلاح محصول، تغییر فرایند، بازیافت، اجرای نظام BOM و سرمایه‌های انسانی) شناسایی و تقسیم شدند.

© 2020 Technical and Vocational University, Tehran, Iran. This article is an open-access article distributed under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution-Noncommercial 4.0 International (CC BY-NC 4.0 license) (https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/).

مقدمه

تولید پاک‌تر، عبارت است از: کاربرد مستمر یک استراتژی محیط زیستی جامع برای فرایند محصولات و خدمات، به منظور افزایش بازدهی کلی و کاهش آثار زیان‌آور برای انسان و محیط‌زیست. این روش، راهبردی جهانی به‌منظور ایجاد تغییرات موردنیاز در تکنولوژی و صنعت موجود به‌منظور ساختن جامعه‌ای مبتنی بر توسعه پایدار است. مفهوم تولید پاک‌تر بیش‌تر با انگیزه حفظ محیط زیست توسعه‌یافته است اما می‌تواند مسائل اقتصادی را نیز شامل شود [۱].

تخته فیبر دانسیته متوسط، فراورده صفحه‌ای چوب است که شامل شبکه‌ای از الیاف چوب، اغلب چسب اوره فرم آلدهید، موم و دیگر مواد شیمیایی می‌باشد که بر ویژگی‌ها و کیفیت آن تأثیر می‌گذارد. علاوه بر الیاف و مواد شیمیایی، تخته فیبر دانسیته متوسط، نیاز به مصرف قابل توجهی انرژی دارد. در نتیجه، از مهم‌ترین موضوعات محیط زیستی مرتبط با تولید این محصولات، مصرف انرژی می‌باشد.

مطالعات بسیاری در زمینه محتوای انرژی صفحات فشرده چوبی در نقاط مختلف جهان صورت گرفته است که مبین اهمیت این فراورده‌ها از بعد انرژی مصرفی می‌باشد. از این میان می‌توان به مطالعات گهواره تا دروازه ویلسون از تولید تخته خرده‌چوب و تخته فیبر نیمه‌سنگین در آمریکا اشاره کرد که میزان محتوای انرژی برای فراورده‌های نام برده، به ترتیب برابر ۱۰/۸۵۶ و ۲۰/۷۰۷ مگاژول بر مترمکعب به دست آمد [۲; ۳]. میل و همکاران (۲۰۰۹) نیز به ارزیابی و محاسبه محتوای انرژی این دو فراورده در کانادا پرداختند که میزان محتوای انرژی تخته خرده‌چوب برابر ۳/۳۰۳ گیگاژول بر مترمکعب بدون احتساب برداشت و حمل‌ونقل چوب، همچنین میزان محتوای انرژی تخته فیبر نیمه‌سنگین ۶/۹۶۶ مگاژول بر مترمکعب محاسبه شد [۴]. پولن (۲۰۰۰) با ارزیابی دو کارخانه تخته خرده‌چوب در استرالیا مقدار محتوای انرژی را برای هریک، برابر با ۱۰ و ۷ مگاژول بر کیلوگرم تخته به دست آورد [۵]. لاوسون و رادر (۱۹۹۶) نیز مقدار محتوای انرژی تخته فیبر نیمه‌سنگین را در استرالیا ۱۱/۳ مگاژول بر مترمکعب تخته تخمین زد [۶].

بهره‌وری در صنعت تخته فیبر دانسیته متوسط باید به گونه‌ای باشد که به حداقل رساندن و حل چند مسئله اساسی آن صنعت را به طور هم‌زمان مد نظر قرار دهد. از دیگر مسائل اساسی در کارخانه تخته فیبر دانسیته متوسط عبارتند از: افزایش مصرف آب، افزایش تولید پساب، تولید انتشارات و آلودگی‌های محیطی، نبود بهداشت و ایمنی کار، افزایش مصرف مواد خام اولیه، افزایش ضایعات در فرایند تولید.

موارد پیش‌گفته، منجر به آلودگی زیان‌آور و غیرقابل جبران در محیط زیست می‌شوند؛ لذا نیاز به راه‌حل‌ها و اقدامات پیش‌گیرانه برای از پیش‌رو برداشتن این موانع، بیش از پیش در این صنایع احساس می‌شود.

روش شناسی

شناسایی شاخص‌های تأثیرگذار در کارخانه تخته فیبر دانسیته متوسط جهت تولید پاک‌تر

شناسایی شاخص‌های تأثیرگذار بر جنبه‌های تولید پاک‌تر در صنعت تخته فیبر دانسیته متوسط بدین ترتیب است که ابتدا پارامترهای مؤثر از طریق مطالعات کتابخانه‌ای و نظرخواهی و مصاحبه از ۱۶ نفر از کارشناسان و متخصصان این صنعت با استفاده از متد دلفی (پرس و جو از افراد متخصص در امر) تعیین گردید؛ به طوری که شاخص‌های اصلی تأثیرگذار تولید پاک‌تر در این صنعت به پنج شاخص اصلی: ۱- اصلاح محصول ۲- تغییر فرایند ۳- اجرای نظام BOM[1] ۴- بازیافت ۵- سرمایه‌های انسانی و نیز ۴۵ زیرشاخص، ساختاردهی شد.

[1] Bill of Material

جدول۱. اطلاعات آماری پاسخ‌دهندگان

متغیر	میانگین	حداقل	حداکثر
سن	۴۰.۵	۲۶	۵۵
سطح تحصیلات	_	کاردانی	دکتری تخصصی
سابقه کار	۱۶	۲	۳۰

جدول۲. اطلاعات مهارتی پاسخ‌دهندگان

مهارت	مدیر تولید	مسئول کنترل کیفیت	تکنسین برق	مدیر تحقیق و توسعه	استاد دانشگاه	تکنسین صنایع چوب	دانشجو	تعداد کل
تعداد	۱	۲	۱	۱	۲	۴	۵	۱۶

یافته‌ها

شاخص اول: اصلاح محصول

هدف، انجام اقداماتی است که تأثیرات محیط زیستی محصول را طی فرایند کاهش دهد، همچنین عمر مفید محصول و بهره‌وری تولید را افزایش دهد. اقداماتی در راستای کاهش آسیب‌های محیط زیستی و کاهش مصرف انرژی در راستای تولیدی پاک‌تر که به تولید محصولی دوست‌دار محیط زیست ختم می‌گردد. این شاخص به چهار زیرشاخص تقسیم می‌شود:

۱- **افزایش دامنه دانسیته ماده اولیه:** با توجه به محدودیت منابع چوبی در ایران، تغییر در رویکرد این صنعت در به کارگیری ماده خام اولیه چوبی، بسیار مهم است. اقداماتی چون استفاده از چوب‌هایی با گرادیان دانسیته‌ای متفاوت از سبک تا سنگین در کنار هم می‌تواند ماده اولیه را در دسترس‌تر قرار دهد. همچنین باعث کاهش واردات ماده اولیه چوبی و افزایش بهره‌وری تولید شود.

۲- **استفاده از اتصال‌دهنده با فرم آلدهید کم:** اقداماتی چون جایگزینی بخشی از فرم‌آلدهید با فورفورال و یا کاهش نسبت مولی فرمالدهید به اوره، در چسب اوره فرم‌آلدهید، به منظور کاهش انتشارات مضر و کاهش آلاینده‌های محیط زیستی فرایند تولید و محصول نهایی می‌باشد [۷].

۳- **رعایت رطوبت چوب خریداری شده:** چوب، قبل از شست‌وشو و درجه‌بندی ابتدا نیاز دارد تا به چیپس تبدیل شود؛ بنابراین برای جلوگیری از خوردگی و فرسایش در تیغه‌های چیپر و افزایش سرعت و راندمان تبدیل چوب به چیپس، بهتر است ماده اولیه چوبی، حداقل تا ۳۰ درصد (بر پایه خشک) خود مرطوب باشد [۸].

۴- **خرید چوب‌هایی با کلاسه قطری مناسب:** استفاده از مواد خام با کیفیت بالا و کلاسه قطری مناسب، سبب کاهش تولید ضایعات در فرایند می‌شود. همچنین باعث تهیه الیافی با کیفیت بهتر، تشکیل کیکی یک‌پارچه‌تر و تولید تخته‌ای با ویژگی‌های مقاومتی بالاتر می‌شود [۸].

شاخص دوم: تغییر فرایند

از جمله تغییراتی در فرایند تولید که سبب کاهش منابع مورد نیاز، کاهش مصرف انرژی و افزایش بهره‌وری می‌شود، تغییر فرایند است که به زیرشاخص‌های زیر تقسیم می‌شود:

۱- **فرایند ورود مواد:** در واقع، چگونگی حرکت مواد اولیه در فرایند تولید است که دو روش دارد:

- روش اولین صادره از اولین وارده: (فایفو) FIRST IN FIRST OUT: در این روش که به روش فایفو معروف است، فرض بر این است که کالای خریداری شده به ترتیب ورود به انبار، از انبار خارج گردد؛ یعنی کالاهایی که ابتدا خریداری می‌شوند ابتدا نیز مصرف شوند یا به فروش رسند.
- روش اولین صادره از آخرین وارده: (لایفو) LAST IN FIRST OUT: در این روش که به روش لایفو معروف است، فرض بر این است که آخرین کالای خریداری شده، زودتر از انبار خارج شود و آنچه در پایان دوره باقی می‌ماند از بین کالاهای اول دوره باشد.

۲- **تخلیه مناسب مواد برای صرفه‌جویی در مصرف سوخت:** هدف، استفاده از وسایل مناسب برای تخلیه و شارژ مواد اولیه در راستای صرفه‌جویی مصرف سوخت و انرژی است. و نیز تخلیه مناسب مواد برای کاهش میزان آلایندگی محیط زیستی: هدف، استفاده از وسایل مناسب تخلیه و شارژ مواد اولیه در راستای کاهش میزان آلایندگی محیط زیستی است.

زیرشاخص‌های شاخص تغییر فرایند عبارتند از:

۱- **شاخص اول تغییر فرایند: اصلاح تجهیزات:** به فرایند به‌روزرسانی، اصلاح و جایگزینی دوره‌ای سیستم‌ها اطلاق می‌شود؛ به نحوی که افزایش بهره‌وری تولید، کاهش فرسایش تجهیزات، کاهش هزینه‌های سنگین خرید و تعمیرات قطعه را برای مجموعه به همراه دارد.

زیرشاخص اصلاح تجهیزات عبارتند از:

الف) زیرشاخص اول اصلاح تجهیزات: استفاده از انرژی خورشیدی: هدف، استفاده از انرژی خورشیدی به عنوان جایگزینی پایدار برای سوخت‌های فسیلی می‌باشد. انرژی خورشیدی، بر خلاف سوخت‌های فسیلی، تاریخ انقضا ندارد و حداقل چند میلیارد سال در دسترس خواهد بود. همچنین تأثیر انرژی خورشیدی بر محیط در مقایسه با سوخت‌های فسیلی، بسیار کمتر است؛ زیرا فناوری مربوط به آن، نیاز به احتراق ندارد و در نتیجه، گاز گلخانه‌ای نیز منتشر نمی‌کند [۹].

ب) زیرشاخص دوم اصلاح تجهیزات: بررسی امکان استفاده از نور طبیعی در کلیه واحدهای مجتمع و اقدام آزمایشی در یکی از واحدهای مجتمع: در ساختمان‌های صنعتی که عرض ساختمان زیاد است، اغلب بخش‌های مرکزی ساختمان، نور طبیعی مستقیم و کافی ندارند و در بخش‌های مرکزی ساختمان، نور مصنوعی، اولویت دارد. بنابراین می‌توان با مشارکت نور طبیعی در تأمین روشنایی هر ساختمان در عین توجه به مقابله با جذب حرارت نامطلوب، مصرف انرژی را تا سطح زیادی، کاهش داد.

ج) زیرشاخص سوم اصلاح تجهیزات: استفاده از لامپ‌های کم‌مصرف و پر بازده: موارد زیر عمده‌ترین راهکارهای این زیرشاخص هستند:

- میزان شارژ نوری: میزان نوردهی یک لامپ کم‌مصرف ۲۰ وات با یک لامپ رشته‌ای ۱۰۰ وات برابر است. شارژ نوری یک لامپ رشته‌ای ۱۰۰ وات، حدود ۱۲۰۰ لومن و شارژ نوری یک لامپ کم‌مصرف ۲۰ وات نیز حدود ۱۲۰۰ لومن می‌باشد.
- توان مصرفی: یک لامپ کم‌مصرف ۲۰ وات ضمن ایجاد نوری معادل یک لامپ رشته‌ای ۱۰۰ وات دارای مصرف انرژی معادل ۲۰ درصد یک لامپ رشته‌ای ۱۰۰ وات است و این بدین معناست که مصرف انرژی یک لامپ رشته‌ای ۱۰۰ وات معادل پنج عدد لامپ کم‌مصرف ۲۰ وات است.
- بهره نوری: در یک لامپ رشته‌ای فقط ۵ درصد از انرژی به نور تبدیل می‌شود؛ بدین معنی که بهره نوری این نوع لامپ ۱۲ لومن بر وات می‌باشد؛ در حالی که بهره نوری یک لامپ کم‌مصرف ۲۰ وات، ۶۰ لومن بر وات است. بالا بودن بهره نوری در انواع لامپ‌های کم‌مصرف به معنای مصرف انرژی کمتر و به دنبال آن کاهش هزینه و همچنین تولید نور بیشتر می‌باشد.

- عمر لامپ: طول عمر لامپ‌های رشته‌ای حدود ۱۰۰۰ ساعت و در لامپ‌های کم‌مصرف حدود ۸۰۰۰ ساعت (یعنی ۸ برابر) می‌باشد. عمر طولانی لامپ و به دنبال آن، تعویض کمتر، از هزینه‌های تعمیر و نگهداری می‌کاهد.
- ایجاد نشدن حرارت‌های مزاحم: در لامپ‌های رشته‌ای که ۹۵ درصد توان ورودی، به گرما تبدیل می‌شود، افزایش دمای محیط در هنگام استفاده کردن تعداد زیادی از آنها کاملاً محسوس و آشکار است. این مسئله باعث مصرف بیشتر انرژی الکتریکی برای خنک کردن محیط می‌شود. در حالی که چنانچه در این محیط به همان تعداد از لامپ کم‌مصرف استفاده شود ضمن اینکه مصرف انرژی بابت روشن شدن لامپ‌ها به ۲۰ درصد کاهش می‌یابد به علت تولید حرارت بسیار کمتر توسط این لامپ‌ها هزینه‌های تهویه هوا به شدت کاهش می‌یابد.
- حذف اثر استروبوسکوپی: هنگامی که قطعات یک ماشین در حال گردش هستند عملکرد لامپ‌های فلورسنت معمولی یا لامپ‌های تخلیه‌ای فشار بالا می‌تواند باعث خطای دید شود؛ به طوری که صفحات دوار از نظر بیننده، ساکن به نظر برسند و همین خطای دید، خطراتی را برای کاربر ایجاد می‌کند. این پدیده، خطای دید[1] نام دارد. با استفاده از لامپ‌های کم‌مصرف الکترونیکی که در فرکانس بالا کار می‌کنند می‌توان این اثر را کاملاً حذف کرد و محیطی مطمئن و ایمن برای کاربر فراهم کرد [۹].

د) زیرشاخص چهارم اصلاح تجهیزات: شناسایی و بر طرف کردن نشتی‌های بخار و میعانات: لوله‌ها و مخازن مواد شیمیایی که در بسیاری از موارد در آن‌ها مواد آلاینده محیط زیست، مواد آتش‌زا و حتی مواد سمی وجود دارد، از اهمیت بسزایی برخوردارند. بدیهی است که وجود نشتی از این خطوط، می‌تواند خطرات زیادی برای محیط زیست فراهم آورد. از طرفی، هدررفت مواد اولیه از نشتی این خطوط نیز بسیار نامطلوب است. به طور کلی، نتایج وجود نشتی عبارتند از: آلودگی محیط زیست، ایجاد مسمومیت در انسان و دیگر موجودات زنده، انفجار، هدر رفتن مواد ارزشمند، هزینه‌های تمیز کردن محیط زیست، هزینه‌های تعمیر و تعویض خط لوله و اتلاف وقت. بنابراین دو عامل اقتصاد و محیط زیست، انگیزه کافی برای رفع چنین مشکلی در ما ایجاد می‌کنند.

ه) زیرشاخص پنجم اصلاح تجهیزات: تنظیم صحیح نسبت سوخت به هوا و کنترل هوای اضافه بویلر: هرگاه در احتراق کربن ترکیباتی مثل گاز مونوکسیدکربن وجود داشته باشد، می‌توان نتیجه گرفت که احتراق ناقص صورت پذیرفته است و این اتفاق، به این معنی است که بخشی از سوخت که می‌توانسته با سوختن خود، انرژی آزاد کند بدون این‌که با اکسیژن واکنش دهد از طریق دودکش خارج می‌شود؛ یعنی سوخت و انرژی در حال هدر رفتن هستند.

احتراق ناقص ممکن است دلایل مختلفی داشته باشد که عبارتند از: ناکافی بودن دمای شعله، زمان‌ماند ناکافی واکنش‌دهنده‌ها، اختلاط نامناسب واکنش‌دهنده‌ها و مناسب نبودن نسبت سوخت به هوا. مقدار هوای اضافه به عوامل مختلفی از جمله مشخصات سوخت، مشخصات مشعل و نوع بویلر بستگی دارد. کنترل مقدار هوای اضافه، یکی از مؤثرترین روش‌های افزایش راندمان بویلر است.

و) زیر شاخص ششم اصلاح تجهیزات: تنظیم صحیح مشعل بویلر: در مشعل‌هایی که امکان تنظیم شعله و سرعت آن به طور موازی وجود دارد، هوا و گازهای داغ از کانال‌های رفت و برگشت دیگ عبور و دیگ به طور یکنواخت گرم و از ایجاد نقطه داغ و رسوب مقطعی در دیگ جلوگیری می‌کند. چنانچه سختی آب نیز بالا نباشد یا در سیستم سختی گیر با کارکرد مرتب وجود داشته باشد دیگ، عمر بسیار طولانی خواهد داشت؛ بنابراین در انتخاب مشعل، رعایت شرایط زیر، ضروری می‌باشد:

[1] Stroscopy

- برای تأمین شعله موازی، شعله‌پوش مشعل تخم‌مرغی یا لبه‌های آن به داخل جمع شده باشد و لوله سوخت‌رسان به نازل، امکان تنظیم عقب و جلو برای موازی کردن شعله را داشته باشد.
- در مشعل‌های گازوییلی، زاویه نازل برای جمع کردن شعله حتی‌الامکان ۳۰ درجه و از نوع (شعله جمع) باشد و از استفاده نازل نوع ۶۰ درجه و (شعله توخالی که رینگ خارج را گرم می‌کند) پرهیز شود.
- طول شعله موازی در داخل دیگ با رگلاژ شیر یا پمپ، طوری تنظیم شود که حدوداً بعد از ۳/۴ طول دیگ قطع شود.
- حداکثر ظرفیت انتخابی مشعل انتخابی معادل ظرفیت حرارتی دیگ باشد و چنانچه ظرفیت بالاتری مورد نظر است به پره‌های دیگ اضافه شود.

ز) زیرشاخص هفتم اصلاح تجهیزات: عملیات اصلاحی نقص‌های احتمالی: این شاخص، در بردارنده عملیاتی برای بهره‌برداری مطلوب از ماشین‌آلات، تجهیزات و متریال‌های موجود می‌باشد. شرکت با بازدیدهای دوره‌ای، نقص‌های احتمالی در خط را شناسایی و برطرف می‌کند. از جمله آن عملیات عبارتند از: تعمیرات قسمت فوقانی[1] پمپ‌ها، اصلاح سیستم گردش آب وکیوم‌ها، بررسی عایق‌کاری سیستم خشک‌کن، بررسی پیمانه‌های نوار نقاله، بررسی فن چیپر بزرگ و قاب آن، تعویض واشر شیرهای ورودی و خروجی بویلر، تعویض پمپ آب‌گردان جمع‌کننده[2] و ساخت شاسی جدید، تعویض واشر و پکینگ‌های شیرهای کلکتور، ترمیم لوله‌های سنتوری پرس، ترمیم جای بلبرینگ و جای فولی انواع رداننده‌ها و مولدها[3]، تمیز کردن سطوح کثیف در بویلر به منظور بهبود انتقال دما، بازسازی و ترمیم شافت واسطه پیچ تغذیه[4] و رفع لرزش آن، عایق کاری سطوح بدون عایق، شناسایی و برطرف کردن نشتی‌های بخار و میعانات، ترمیم تیغه‌های جک‌های سیلو، ترمیم بلوک سرسیلندر پمپ‌های فشار بالا، تعویض پکینگ‌های پرس، تعویض و تعمیر فن ماشین اره.

۲- زیرشاخص دوم تغییر فرایند: کنترل فرایند تولید: هدف از این کار، کنترل بهتر فرایند تولید است که به حرکت فرایندهای موجود در تولید، کمک می‌کند تا کارایی و بازده بالاتر به همراه ضایعات کمتر و انتشارات مواد سمی پایین‌تری را داشته باشند. زیرشاخص‌های این زیرشاخص عبارتند از:

الف) زیرشاخص اول کنترل فرایند: چک و بازبینی منظم از خشک‌کن: در کارخانه تخته فیبر دانسیته متوسط برای خشک کردن الیاف در خشک‌کن‌ها، با بالا بردن دمای تا بیشتر از $260\ ^{o}C$، ذرات معلق و انتشارات هوا شامل ترکیبات آلی فرار و آلاینده‌های خطرناک هوا، آزاد می‌شوند. برای کاهش این انتشارات پیشنهاد می‌شود چک و بازبینی منظم از خشک‌کن جهت اطمینان از نبود کنداست توسط افراد آموزش‌دیده انجام گردد.

ب) زیرشاخص دوم کنترل فرایند: خاموش کردن دستگاه پر مصرف مانند دفیبراتور و چیپر در پیک مصرف: بهینه‌سازی مصرف انرژی در پرس، دفیبراتور دستگاه جداکننده فیبر[5]و بویلر: در صنعت تخته فیبر دانسیته متوسط، پرس، دفیبراتور و بویلر از کلیدی‌ترین واحدهای مصرف‌کننده انرژی است که به وسیله شبیه‌سازی‌ها و مدل‌های کامپیوتری می‌توان مصرف انرژی را در این بخش به حالت بهینه درآورد.

ج) زیرشاخص سوم کنترل فرایند: استفاده از اینورتر در دستگاه‌های مصرفی: اینورتر یا مبدل برق، دستگاه الکترونیکی است که جریان مستقیم (DC[6]) را به جریان متناوب (AC[7]) تبدیل می‌کند. جریان AC تبدیل شده

[1] Ceiling
[2] Accumulator
[3] Rotors and stators
[4] Screw feeder
[5] Defibrator
[6] Direct Current
[7] Alternative Current

می‌تواند بر اساس نیاز در هر ولتاژ و فرکانسی باشد که به وسیله ترانسفورماتورهای مناسب و مدارها کنترل می‌شود. اینورترها قطعات متحرک ندارند و در طیف گسترده‌ای از ابزارهای کاربردی استفاده می‌شوند، از منبع تغذیه کامپیوتر گرفته تا ابزار بزرگ حمل‌ونقل. اینورتر نوسان ساز الکترونیکی قدرت بالا است. دلیل این نام‌گذاری آن است که این دستگاه، عمل عکس مبدل برق AC به DC متداول را انجام می‌دهد. از دیگر کاربردها و مزایای اینورترها می‌توان به موارد زیر اشاره کرد:

راه‌اندازی نرم موتور بدون هیچ‌گونه ضربه به قسمت‌های مکانیکی مثل کوپلینگ‌ها، گیربکس‌ها، تسمه‌ها، زنجیرها و ... و در نتیجه، افزایش طول عمر مفید موتور و سایر قسمت‌های مکانیکی حفاظت موتور در برابر اضافه بار؛ در این حالت چنانچه بار موتور از مقدار معمول مجاز بیشتر شود، اینورتر موتور را خاموش می‌کند و به کاربر، پیام اضافه بار را نشان می‌دهد. جلوگیری از گرم کردن و در نهایت سوختن موتور در کابردهایی که موتور به طور مداوم چپ‌گرد و راست‌گرد یا خاموش می‌شود به دلیل آنکه موتور یک بار راکتیو روی شبکه دارد چنانچه از درایو برای راه‌اندازی و کنترل موتور استفاده گردد چون درایو دارای یک بانک خازنی می‌باشد این بار راکتیو را جبران می‌کند و تنها بار اکتیو را از شبکه برق مصرف می‌کند؛ بنابراین جریان مصرفی، بسیار کاهش می‌یابد. همچنین چون در بسیاری از کاربردها انرژی زیادی برای راه‌اندازی لازم است موتور انتخاب شده را با توان بالاتری انتخاب می‌کنند؛ بنابراین میزان جریان زیادتری نیز در حین کار از شبکه استفاده می‌کند.

د) زیرشاخص چهارم کنترل فرایند؛ پیش‌بینی عمر باقی‌مانده موتورها: پیش‌بینی عمر باقیمانده موتورها و برنامه جایگزینی موتورها به وسیله به دست آوردن اطلاعات پلاک موتور و آزمون‌های کارخانه‌ای که باید اندازه‌گیری‌های لازم را انجام داد (اندازه‌گیری ولتاژ سه فاز – جریان – ضریب قدرت – سرعت – درجه حرارت و منحنی بار هفتگی) در این مسیر، موتورهای دارای اولویت، عبارتند از:

- موتورهای ۱۰ تا ۶۰۰ اسب
- حداقل ۲۰۰۰ ساعت کار سالیانه
- موتورهای ۱۵ سال به بالا یا تعمیر شده
- موتورهای با کار حساس در خط تولید (قابلیت اعتماد بالا)

در درجه اول باید موتورهای با نقطه سربه سر پایین یا با نیاز قابلیت اعتماد بالا سریع تعویض شوند.

معمولاً موتورهای با کارکرد بالا، چند بار سیم‌پیچی می‌شوند. این موتورها باید در اولین تعمیرات دوره‌ای، عوض شوند.

موتورهای با نقطه سربه‌سر طولانی‌تر (دوره کارکرد کمتر یا عمر یا سایز مناسب‌تر) باید در لیست تعویض قرار گیرند و با انتخاب موتورهای راندمان بالا و سایر مناسب با سفارش و خرید آنها آمادگی وجود داشته باشد که به محض اولین خرابی در آنها تعویض گردند.

موتورهای با نقطه سربه‌سر طولانی (کارکرد کم سالیانه کمتر از ۲۰۰۰ ساعت و سایز مناسب) احتیاجی به تعویض ندارند و در صورت خرابی، تعمیر می‌شوند و مجدداً مورد استفاده قرار می‌گیرند. البته با پیر شدن این موتورها و کاهش راندمان آنها امکان دارد طی سال‌های آینده، نقطه سربه‌سر آنها کاهش یابد (همچنین ارزان شدن موتورهای راندمان بالا) و در نتیجه، در برنامه تعویض قرار گیرند [۹].

ه) زیر شاخص پنجم کنترل فرایند؛ کنترل هوشمندانه موتورخانه: در حال حاضر، برای تنظیم دمای آب مورد نیاز گرمایش و مصرفی در موتورخانه، از ترموستات‌های معمولی استفاده می‌شود که قابلیت تنظیم توسط متصدی موتورخانه روی دمای دلخواه را دارند و بر اساس نقطه تنظیم شده نسبت به خاموش و راه‌اندازی کردن مشعل‌ها اقدام می‌کنند. از معایب اصلی این ترموستات‌ها عدم‌واکنش در اثر تغییرات هوای بیرون و همچنین وضعیت عملکردی در ساعات مختلف شبانه‌روز می‌باشد.

در صورت افزایش دمای هوای محیط، موتورخانه همچنان با دمای بالا کار می‌کند و گرمای بیشتر از حد مورد نیاز وارد واحد صنعتی می‌کند که عملاً بدون استفاده به هدر می‌رود. همچنین در ساختمان‌های اداری در هنگام شب نیز موتورخانه به فعالیت خود و تولید گرما ادامه می‌دهد. به منظور رفع این مشکل، استفاده از سیستم‌های کنترل هوشمند موتورخانه با قابلیت برنامه‌ریزی ساعتی و هفتگی و همچنین مجهز به حس‌گر دمای محیط، توصیه می‌گردد؛ بنابراین راه‌اندازی کنترل هوشمند موتورخانه‌های سیستم‌های حرارت مرکزی می‌تواند در کاهش مصرف انرژی بسیار چاره‌ساز باشد. این هوشمندسازی در راستای کنترل دقیق و حذف خطای انسانی می‌باشد.

و) زیرشاخص ششم کنترل فرایند؛ تشکیل کمیته انرژی با حضور مدیران بهره‌برداری به صورت جلسات مستمر و ماهانه و انتخاب ضابطین انرژی در واحدهای مختلف و عضویت در شورای انرژی جهانی: از جمله اقداماتی نظیر برنامه‌ریزی ممیزی پیوسته انرژی در کلیه بخش‌های شرکت، ایجاد سیستم کامل پایش، مستندسازی و گزارش‌دهی انرژی، مدیریت تقاضای انرژی در شرکت، تهیه و نظارت بر اجرای دستورالعمل‌ها و آیین‌نامه‌های اجرایی انرژی می‌باشد.

ز) زیرشاخص هفتم کنترل فرایند؛ جلوگیری از خرابی و توقف دستگاه‌ها و تجهیزات: هزینه‌های پیدا و پنهان خرابی تجهیزات و دستگاه‌ها و در پی آن، توقف خط تولید، در شرکت‌های صنعتی و تولیدی، قابل‌توجه می‌باشد. سهم این هزینه‌ها از هزینه‌های کل شرکت در سازمان‌هایی که سیستم‌های مدیریت نگهداری و تعمیرات را اجرا نکرده‌اند، بسیار بیشتر است. در صورتی که شرکت، سیستم نگهداری و تعمیرات نظام‌یافته و سیستماتیکی را اجرا کند هزینه‌های کمتری به سازمان، تحمیل می‌شود. مناسب‌ترین سیستم برای شروع فعالیت‌های بهبود در این مسئله اجرای سیستم PM[1] یعنی نگهداری پیش‌گیرانه می‌باشد.

ر) زیرشاخص هشتم کنترل فرایند؛ تمدید گواهینامه سیستم مدیریت کیفیت: دریافت گواهینامه سیستم مدیریت کیفیت ISO[2] که سندی بر تعهد شرکت به ارتقای مدیریت کیفیت است موجب اصلاح فرایندها، بهبود عملکردها، افزایش سطح رضایت‌مندی مشتریان، استفاده بهینه از منابع و کاهش هزینه‌های ناشی از ریسک‌های بالا شرکت می‌شود.

۳- **زیرشاخص سوم تغییر فرایند؛ ارتقای تکنولوژی:** استفاده از تکنولوژی‌های جدید و مواد اولیه بهتر و سازگار با محیط زیست، یکی از مواردی که باعث کاهش مصرف انرژی می‌شود. اکثر واحدهایی که در کشور وجود دارند قدیمی است و نشتی‌های زیادی در قسمت‌های مختلف آن‌ها وجود دارد یا راندمان آنها پایین است و در مواردی، کیفیت محصولات تولیدی این خطوط، قابل قیاس با مشابه‌های خارجی نیست؛ لذا باید واحدهایی که انرژی بالایی مصرف می‌کنند شناسایی شوند تا در راستای ارتقای تکنولوژی آنها اقدام شود.

- زیرشاخص اول ارتقای تکنولوژی؛ ارتقا و ترمیم طبقات پرس: منابع انتشار اولیه و مصرف انرژی در کارخانه تخته فیبر دانسیته متوسط در خشک‌کن و خروجی‌های پرس گرم می‌باشد. انتشارهای پرس داغ و مصرف انرژی آن، تا حد زیادی به شرایط پرس بستگی دارد. انتشارات پرس شامل VOCs، HAPs و انتشارات مربوط به چسب در حین تولید می‌باشد؛ لذا ارتقا و ترمیم صفحات ۵ تنی طبقات پرس و گوشواره‌های مربوط آن تا حد زیادی در عملکرد انرژی و کاهش انتشارات مؤثر خواهد بود.
- زیرشاخص دوم ارتقا تکنولوژی: ارتقا و ترمیم دفیبراتور: به منظور افزایش راندمان و کاهش مصرف انرژی دفیبراتور، بهتر است جوشکاری و ترمیم اسکروفیدر و قیف آن به طور منظم صورت پذیرد.

[1] Preventive Maintenance
[2] International Organization for Standardization

- زیرشاخص سوم ارتقای تکنولوژی؛ ساخت و جوشکاری ضدسایش اکستراکتور پرس: بهتر است در برخی شرایط، قبل از اینکه قالب‌ها یا قطعات، دچار خرابی شوند، خدمات جوشکاری پوششی به منظور ایجاد لایه‌ای مقاوم به سایش، مقاوم به خوردگی، مقاوم به حرارت، مقاوم به فرسایش، یا ... بنا به شرایط مطلوب سرویس انجام گردد. به این منظور، از آلیاژهایی با خواص فوق‌العاده از جمله پایه آهنی و غیرآهنی (پایه کبالت و نیکل، تنگستن، کاربید تنگستن و ...) به منظور تقویت خواص قطعات مذکور و ایجاد لایه‌ای مطلوب روی قطعات استفاده می‌گردد.
- زیرشاخص چهارم ارتقای تکنولوژی؛ ترمیم و ارتقای چیپر: با توجه به مسئله سایش در صنایع، مخصوصاً در لبه تیغه[1] و گرداننده پیر بزرگ و قیمت بالای فولادهای خاص این سیستم، مهم است ترمیم و ارتقای این تجهیزات را در اولویت کاری قرار دهیم. از جمله اقدامات در راستای افزایش عمر مفید این سیستم، استفاده از الکترودها و سیم‌جوش‌های ضدسایش در جوش می‌باشد.
- زیر شاخص پنجم ارتقای تکنولوژی؛ تغییر نوع تزریق کلر به استخر از حالت موتوری برقی به مکانیکی: کلر و گاهی اوقات برم، از جمله مواد ضدعفونی‌کننده‌ای هستند که با استفاده از تجهیزات مکانیکی به آب استخر اضافه می‌شوند. پمپ‌هایی که برای تزریق کلر یا برم به آب استخر مورد استفاده قرار می‌گیرند اساساً در دو نوع حرکت دوار[2] و استاندارد ساخته می‌شوند. پمپ‌های پریستالتیک معمولاً در موتورخانه نصب می‌شوند و پمپ، حجم مشخصی از مایع ضدعفونی‌کننده را به خطوط لوله‌کشی، تزریق می‌کند. برای این کار می‌توان از پمپ‌های سیلندر پیستونی استاندارد نیز استفاده کرد اما عیب این پمپ‌ها آن است که در معرض خوردگی هستند و دوره کارکرد بسیار کوتاه‌تری دارند. البته تجربه نشان داده است که استفاده از پمپ‌های دیافراگمی مکانیکی برای این منظور، معمولاً به نتیجه بهتری منتهی می‌شود. این سیستم‌ها به دلیل استفاده نکردن از انرژی الکتریسیته سبب کاهش مصرف انرژی می‌شوند.
- زیرشاخص ششم ارتقای تکنولوژی: نصب پمپ هیدراذین در قسمت اتاق آکومولاتور به منظور تزریق هیدراذین: این شاخص برای جبران افت فشار لحظه‌ای روغن در سیستم‌هایی که با روغن هیدرولیک کار می‌کنند استفاده می‌شود. یک لایه دیافراگمی، کپسول را به دو قسمت تبدیل می‌کند. در قسمت بالا، گاز هیدراذین قرار دارد و در قسمت پایین، روغن وارد می‌شود و هیدراذین را فشرده می‌کند. حال اگر افتی در مسیر اصلی روغن ایجاد شود فشار وارده به هیدراذین، کم می‌شود و هیدراذین، انبساط می‌یابد تا روغن را به مسیر اصلی برساند. این فرایند، از مصرف انرژی در اکومولاتورها می‌کاهد.
- زیرشاخص هفتم ارتقای تکنولوژی؛ استقرار سیستم تعمیرات و نگهداری تله‌های بخار: هدف از نصب تله بخار در سیستم‌های بخار، خارج کردن کندانس از سیستم توزیع بخار است؛ بنابراین وجود آنها در سیستم، باعث ممانعت از ایجاد ضربه قوچ، بازگرداندن کندانس به بویلر و افزایش کیفیت بخار برای کاربرهای مورد نظر می‌شود. تله‌های بخار همچنین منجر به خروج هوا و گازهای محلول که به عنوان عایق و عامل نارسایی در سیستم محسوب می‌گردد، می‌شوند. در واقع، وظیفه تله بخار، زدایش کندانسه، هوا و دی‌اکسیدکربن از سیستم لوله‌کشی به محض تجمع این گازها و با حداقل رسانیدن اتلاف بخار است. زمانی که بخار، گرمای نهان ارزشمند خود را آزاد می‌کند و چگالیده می‌شود، این کندانسه داغ باید بلافاصله از سیستم جدا شود تا از بروز پدیده ضربه قوچ، جلوگیری کند. وجود هوا در سیستم بخار، بخشی از حجم سیستم را که قاعدتاً باید توسط بخار اشغال شود به خود اختصاص می‌دهد.

[1] Dead knife
[2] Prestaltic

- زیرشاخص هشتم ارتقای تکنولوژی؛ نصب اکونومایزر[1]: اکونومایزر، یکی از انواع مبدل حرارتی است که آب تغذیه بویلر از میان آن عبور داده می‌شود و از حرارت گازهای داغ خروجی برای گرم کردن این آب استفاده می‌گردد. بدین ترتیب، آب تغذیه با دمای بالاتری به درون بویلر فرستاده می‌شود و انرژی کمتری را برای تبخیر یا گرمایش آب نیاز دارد؛ بنابراین در این حالت، با یک مقدار انرژی مشخص، می‌توان آب گرم یا بخار بیشتری را تولید کرد. نتیجه این امر، افزایش در راندمان بویلر است. به طور تقریبی، یک افزایش ۱۰ درجه سلسیوسی در دمای آب تغذیه، باعث افزایش ۲ درصدی راندمان می‌شود. گازهای داغی که از درون بویلر و ابرگرم کننده عبور می‌کنند، در زمان خروج همچنان داغ هستند؛ از این رو می‌توان از انرژی حرارتی موجود در این گازها، برای افزایش راندمان بویلر استفاده کرد. برای این منظور، گازهای داغ را از درون اکونومایزر عبور می‌دهند. با استفاده از اکونومایزر، می‌توان حرارت گازهای داغ خروجی را که در حالت عادی تلف می‌شود، بازیافت کرد و از آن برای گرم کردن آب ورودی به بویلر استفاده کرد. این موضوع، باعث کاهش هزینه و مصرف سوخت می‌شود.

شاخص سوم: بازیافت

استفاده از مواد مصرف شده برای ساخت مجدد همان کالا یا کالاهای قابل استفاده دیگر است که به دو زیرشاخص زیر تقسیم می‌شود:

۱- **زیرشاخص اول بازیافت؛ بازیافت انرژی:** با توجه به سهم قابل‌توجه مصرف انرژی در صنایع ساخت صفحات فشرده چوبی در ایران، مدیریت تقاضای انرژی در این بخش، بسیار مهم است؛ زیرا کاهش مصرف انرژی به منزله کاهش اثرات زیست محیطی خواهد بود.

انرژی موردنیاز برای تولید تخته فیبر نیمه‌سنگین از الکتریسیته، منابع چوبی، گاز طبیعی و سوخت‌های مایع، تأمین می‌شود. با در نظر گرفتن اینکه سایر سوخت‌ها مثل دیزل، گاز پروپان مایع و بنزین برای عملیات حمل‌ونقل تجهیزات در داخل کارخانه مورد استفاده قرار می‌گیرد. الکتریسیته برای به کار انداختن تجهیزاتی مانند نقاله‌ها، ریفاینرها، الکتروموتورهای فن، موتورهای پرس هیدرولیک، سنباده‌ها و سامانه کنترل آلودگی در کارخانه استفاده می‌شود. سوخت‌ها برای لودرها و جرثقیل‌های چنگک‌دار استفاده می‌شوند. گاز طبیعی و سوخت‌های چوبی برای به کار انداختن خشک‌کن و تأمین گرما مورد استفاده قرار می‌گیرند. گاز طبیعی همچنین برای فراهم آوردن گرمای فرایند پخت چیپس، خشک کردن ضایعات چوب و تأمین حرارت پرس استفاده می‌شود. ضایعات چوب نیز برای خشک کردن چوب، تأمین حرارت پرس داغ استفاده می‌شود و برای سامانه‌های کنترل انتشار احتراق از گاز طبیعی و الکتریسیته استفاده می‌شود. به علاوه مقدار کمی از سوخت روغن برای فرایند حرارت و مقدار کمی از سوخت برای مصرف در لیفتراک‌های چنگک‌دار و هندلرها در کارخانه استفاده می‌شود؛ از این رو مسئله مصرف بیش از اندازه انرژی در واحدهای مختلف کارخانه‌ها تخته فیبر دانسیته متوسط وجود دارد که باعث می‌شود رفع معضل مصرف انرژی به عنوان یکی از مهم‌ترین گزینه‌ها به منظور دستیابی به تولیدی پایدار و پاک‌تر شناخته شود.

در این راستا، در بیشتر صنایع می‌توان با افزودن تجهیزاتی، انرژی قابل ملاحظه‌ای را بازیابی کرد. برای نمونه، با استفاده از تمیزکننده‌های پرسرعت[2] در خروجی دودکش‌های صنعتی می‌توان حرارت گازهای خروجی را به مقدار زیادی، بازیابی کرد. همچنین با راه‌اندازی سامانه غبارسوز می‌توان از ضایعات چوبی برای تأمین بخشی از انرژی حرارتی شرکت استفاده کرد.

[1] Economizer
[2] Turbo scrubbers

۲- **زیرشاخص دوم بازیافت؛ بازیافت آب:** آب به عنوان یک منبع طبیعی عنصری حیاتی و ضروری در تولید تخته فیبر دانسیته متوسط به روش خشک و تولید نیرو در تأسیسات تولید بخار این صنعت می‌باشد. آب در این صنعت بیشتر برای شست‌وشو و پخت و بخارزنی الیاف، خنک کردن، آب‌بندی پمپ‌ها، شستشوی مخازن به کار می‌رود. آب خروجی در این صنعت، علاوه بر مسئله مصرف ممکن است از لحاظ دمایی و اسیدیته آلوده باشد. مثلاً بخش شست‌وشوی چیپس، مسئول ایجاد یک مترمکعب پساب به ازای هر مترمکعب تخته فیبر تولیدی در این زیرسامانه می‌باشد که برای محیط زیست، خطرناک است و در صورت رهاسازی بدون تصفیه مناسب، منابع آبی زیرزمینی را آلوده می‌کند؛ از این رو با استفاده بیشتر پساب در فرایند تولید، چرخش بیشتر آن تا حد امکان، اجرای تصفیه آب به روش‌های مختلف (بیولوژیکی، شیمیایی، فیزیکی و بخار کردن در شرایط خلأ) می‌توان از خروج پساب از کارخانه به محیط زیست جلوگیری کرد. فاضلاب‌های حاوی چسب‌های اوره فرم‌آلدهید صنعتی، دارای غلظت زیادی از ترکیبات کربنی و نیتروژنی هستند. تصفیه بی‌هوازی، بهترین انتخاب از نظر صرفه اقتصادی، انرژی و تولید لجن، کمتر می‌باشد [۱۰].

شاخص چهارم؛ اجرای نظام BOM

هر قسمت از BOM شامل اطلاعاتی در خصوص قیمت و مشخصات استاندارد کالا، شرح و کد کالا، ورژن کالا، توضیحات، مقدار، واحد اندازه گیری، سایز، طول، وزن و مشخصه‌ها و ویژگی‌های دیگری از کالا یا محصول است. دسترسی به یک لیست درخت محصول موجب کاهش سردرگمی‌ها در فرایند تولید، تسهیل در برنامه‌ریزی تأمین کالا و کاهش خطاهای ناشی از مقادیر نابه جای درخواست‌های تأمین می‌شود.

درخت محصول مهندسی

درخت محصول مهندسی، معرف نحوه طراحی محصول نهایی است. مهندسان با استفاده از ابزارهای کامپیوتری و نرم‌افزاری، طرحی از محصول نهایی ارائه می‌دهند که در آن، ضمن شکستن محصول به تمام اجزای تشکیل‌دهنده آن، مواد اولیه قابل جایگزین برای هر بخش را با توضیحات لازم در خصوص ساخت و مونتاژ آن مشخص می‌کنند.

درخت محصول تولیدی

درخت محصول تولیدی، شامل تمام مواد اولیه، اجزا و بخش‌هایی است که در ساخت یک محصول نهایی قابل فروش، به کار می‌رود. همچنین این نوع درخت محصول، شامل مقدار مواد اولیه مورد نیاز برای بسته‌بندی کالا پیش از ارسال برای مشتری نیز می‌شود. تمامی فرایندها و کارهای لازمی که باید پیش از نهایی شدن محصول روی آن انجام شود در این نوع درخت آورده شده و دربرگیرنده تمامی اطلاعات مورد نیاز مربوط به فعالیت‌های تولید تا پیش از تکمیل محصول می‌گردد.

با توجه به توضیحات فوق، شاخص اجرای نظام BOM به دو زیرشاخص زیر تقسیم می‌گردد:

۱- **زیرشاخص اول اجرای نظام BOM:** استفاده از مقادیر استاندار مواد در پروسه تولید: این زیرشاخص، دربردارنده استانداردهای درصد اختلال مواد اولیه در پروسه تولید، به دلیل تولید محصولی کم‌خطر و غیرسمی می‌باشد.

۲- **زیر شاخص دوم اجرای نظام BOM؛** توجه به تهیه و تأمین مواد اولیه مطابق با استانداردهای لازم: این زیرشاخص نیز شامل استفاده از مواد اولیه طبقه‌بندی شده در پروسه تولید و پیگیری مداوم به منظور تهیه و تأمین مواد و قطعات مصرفی مطابق با استانداردهای لازم می‌باشد.

شاخص پنجم؛ سرمایه‌های انسانی

سازمان‌ها در عرصه اقتصاد جهانی، با روندهای نوین جهانی شدن و بازار آزاد مواجه هستند که در آن، رقابتی بودن، رکن محوری و اساسی موفقیت اقتصادی، محسوب می‌شود. به منظور داشتن سازمانی کارآمد و شایسته که بتواند این هدف را محقق سازد، متولیان سازمان‌ها باید به‌طور مستمر، عملکرد خود را از طریق کاهش هزینه‌ها، افزایش محصولات و خدمات نوآورانه، بهبود کیفیت و ارتقای بهره‌وری در بازار، بهبود بخشند. ضرورت التزام به تفکر دانایی‌محوری و توسعه دانایی در سازمان‌ها و پذیرش نقش مدیران منابع انسانی به‌عنوان مدیران دانایی در این عرصه، به شعار سازمان‌هایی که به حفظ مزیت رقابتی خود علاقمند هستند مبدل شده است. بر همین اساس، سرمایه‌گذاری در منابع انسانی و اعتلای کیفیت نیروی کار، یکی از زمینه‌ها و راه‌های کلیدی و بنیادی در رابطه با عملکرد موفق است.

۱- **زیرشاخص اول سرمایه‌های انسانی؛ سطح تحصیلات پرسنل:** میزان تحصیلات مدیران و کارشناسان تولید در فرایندهای طرح ریزی، اجرا و پایش، تأثیرات بسزایی دارد، به طوری که این افراد، توانمندی اصلاح و بازنگری در هر یک از مراحل سازمانی را دارند و بدین ترتیب می‌توانند موجب ارتقای کمیت و کیفیت کار در حوزه‌های مختلف شوند.

۲- **زیرشاخص دوم سرمایه‌های انسانی؛ سابقه کار پرسنل:** مشاغل، در صورت کمبود نیروی کار متخصص تحصیل‌کرده در حوزه تخصصی مورد نظر می‌توانند توسط نیروی کار با سابقه تجربی یا سابقه اکتسابی ناشی از آموزش، جایگزین شوند تا موجب ارتقای کار و بهینه‌سازی فرایند شوند.

۳- **زیرشاخص سوم سرمایه‌های انسانی؛** هم‌راستایی فرهنگ پرسنل با استراتژی سازمان: هدف مدیران در تدوین استراتژی‌ها، تلاش برای سازمان‌دهی مجموعه‌ای هماهنگ است که بتواند اهداف گوناگون سازمان را محقق کند. فرض اساسی و ثابت در کلیه تعاریف هماهنگی نیز این است که سازمان‌ها زمانی که به انطباق دست می‌یابند، اثربخش‌تر و کاراتر، عمل خواهند کرد.

۴- **زیرشاخص چهارم سرمایه‌های انسانی؛ برگزاری کلاس‌های آموزشی و فنی به منظور ارتقای سطح آگاهی پرسنل:** هرکس در سازمان، نیاز به آموزش‌های تخصصی مرتبط با وظایف شغلی خود دارد، در غیر این صورت، موجب لطمه زدن به کار، فعالیت و رفتار فرد و مؤسسه، مربوطه می‌شود. آموزش در صورت اجرای صحیح، تأثیر بسزایی در افزایش مهارت‌های شغلی و افزایش بهره‌وری، کاهش رفتارهای مخرب محیطی می‌شود که از اهداف اصلی تولیدی پاک‌تر می‌باشد.

۵- **زیرشاخص پنجم سرمایه‌های انسانی؛ کاهش روند تولید پساب:** با افزایش سطح آگاهی پرسنل و بالا بردن حساسیت آن‌ها می‌توان از تخلیه بی‌رویه فاضلاب و پساب صنعتی در آب‌های محیطی جلوگیری کرد و مانع از رو به زوال گذاشتن محیط زیست و گسترش آلودگی‌ها شد.

۶- **زیرشاخص ششم سرمایه‌های انسانی؛ بالا بردن بهداشت و ایمنی کار:** طی دهه‌های اخیر، پرداختن به موضوعات ایمنی، بهداشت و محیط زیست، به یکی از اولویت‌های اصلی در کسب و کار امروز تبدیل شده است. بهداشت و ایمنی برای پیشگیری از صدمه دیدن و حفاظت نیروی کار، تعریف می‌شود. هدف از اجرای مقررات ایمنی و دستورالعمل‌های مربوط، ایجاد محیطی سالم است؛ به نحوی که کارگران بدون دغدغه خاطر و بدون ترس از خطرات صنعت، به کار خود بپردازند. بدین ترتیب، ترس از آینده نامعلوم که زاییده و معلول حوادث و سوانح در محیط کار می‌باشد، از جامعه صنعتی ما رخت بر خواهد بست. بدون وجود مسئول ایمنی، نه تنها قدمی در راه پیشرفت صنعتی برداشته نمی‌شود بلکه صنعت، دچار هرج و

مرج و از هم‌پاشیدگی می‌شود و دیر یا زود به سوی زوال تدریجی، سوق می‌یابد. این زیرشاخص، شامل زیرشاخص‌های زیر است:

۱- **زیرشاخص اول بهداشت و ایمنی کار؛ حضور مستمر مسئول بهداشت کار:** هدف از حضور مداوم و مستمر مسئول بهداشت کار، استقرار، نگهداری و بهبود مستمر سیستم جامع مدیریت بهداشت حرفه‌ای و ایمنی در کلیه بخش‌های تحت کنترل می‌باشد.

۲- **زیرشاخص دوم بهداشت و ایمنی کار؛ حضور مداوم پزشک معالج:** حضور مداوم و مستمر پزشک معالج در محیط کار با انجام آزمایش‌های دوره‌ای و منظم از کل پرسنل، صدمات، بیماری‌ها و خسارات مالی ناشی از انجام فعالیت‌های پرخطر را به حداقل می‌رساند.

۳- **زیرشاخص سوم بهداشت و ایمنی کار؛ برگزاری کلاس‌های آموزشی و پزشکی و ایمنی کار:** آموزش در راستای اهداف بهداشت حرفه‌ای، از اهمیت بسیار بالایی برخوردار است؛ زیرا آموزش صحیح، سطح آگاهی افراد را بالاتر می‌برد و فرهنگ ایمنی و بهداشت را در بین کارگران، افزایش می‌دهد. طبیعی است که کارگر، هر چه نسبت به ایمنی و مسائل مربوط به آن، آگاه‌تر باشند؛ کمتر مرتکب اعمال غیرایمن می‌شوند و همچنین افراد دیگر را نیز از انجام آن، منصرف می‌کنند.

اولین گام آماده‌سازی برای آموزش یک گروه، اجرای آمالیز میازهای آموزشی است. مربی باید نیازها را تشخیص دهد و اطلاعات کافی از موارد زیر داشته باشد:

- میزان دانش شرکت‌کنندگان در برنامه آموزشی
- وظایف شرکت‌کنندگانی که با دانش ایمنی سیستم در ارتباط هستند
- زمینه، تجربه و تحصیلات شرکت‌کنندگان در برنامه آموزشی
- آموزش‌هایی که در گذشته برای شرکت‌کنندگان فراهم شده
- نظر مدیریت راجع به ایمنی سیستم و آموزش
- مستندسازی آموزشی، جزء ضروری برای آموزش ایمنی است.

بحث و نتیجه‌گیری

پس از تحقیقات میدانی، شاخص‌های اصلی تولید پاک‌تر در صنایع تخته فیبر دانسیته متوسط به ۶۲ زیرشاخص در ۵ شاخص اصلی (اصلاح محصول، تغییر فرایند، بازیافت، اجرای نظام BOM و سرمایه‌های انسانی) تقسیم شدند.

امید است شاخص‌ها و زیرشاخص‌های شناسایی شده به جهت تغییر در چگونگی حرکت مواد اولیه در فرایند تولید، استفاده از وسایل مناسب برای شارژ و تخلیه مواد، به‌روزرسانی، اصلاح و جایگزینی دوره‌ای سیستم‌ها و ... بتوانند نقش مؤثری را به عنوان یک ابزار قوی و مفید در راستای کاهش میزان آلایندگی، کاهش منابع مورد نیاز، کاهش مصرف انرژی و افزایش بهره‌وری، کاهش فرسایش تجهیزات، کاهش هزینه‌های سنگین خرید و تعمیرات قطعه و کاهش تولید پساب، ضایعات و انتشارات سمی در کارخانه تخته فیبر دانسیته متوسط، ایفا کنند.

References

[1] Nabi Bidhendi, G., Howidi, H., Nasrabadi, T., & Mohammadnejad, S. (2007, February 19-20). *Introducing a cleaner production approach to optimize energy consumption in industry, a case study: food industry*. The first specialized conference on environmental engineering, University of Tehran, Tehran, Iran. https://civilica.com/doc/11825

[2] Wilson, J. (2010). Life-cycle inventory of medium density fiberboard in terms of resources, emissions, energy and carbon. *Wood and fiber science*, *42*(Special Issue 1), 107-124. https://wfs.swst.org/index.php/wfs/article/view/706

[3] Wilson, J. B. (2010). Life-cycle inventory of particleboard in terms of resources, emissions, energy and carbon. *Wood and Fiber Science, The Society of Wood Science and Technology*, *42*(Special Issue 1), 90-106. https://wfs.swst.org/index.php/wfs/article/view/1349

[4] Meil, J., Bushi, L., Garrahan, P., Aston, R., Gingras, A., & Elustondo, D. (2009). *Status of energy use in the Canadian wood products sector*. O. Canadian Industry Program for Energy Conservation (CIPEC) Office of Energy Efficiency Natural Resources Canada. https://library.fpinnovations.ca/en/permalink/fpipub5625

[5] Pullen, S. (2000). Estimating the embodied energy of timber building products. *Journal of the Institute of Wood Science*, *15*(3), 147-151. https://www.semanticscholar.org/paper/Estimating-the-embodied-energy-of-timber-building-Pullen/507b7b4dd80_8bfad1e3de67cb27f4cd600bbcb44

[6] Lawson, B., & Rudder, D. (1996). *Building Materials, Energy and the Environment: Towards Ecologically Sustainable Development*. Royal Australian Institute of Architects. https://books.google.com/books?id=A5pcAAAACAAJ

[7] Myers, G. E., & Nagaoka, M. (1980, September 23-25). *Formaldehyde form UF-bonded panels--its measurement and its relation to air contamination*. Wood adhesives-research, application, and needs, Madison, WI. https://hero.epa.gov/hero/index.cfm/reference/details/reference_id/6036828

[8] Doost Hosseini, K. (2007, August 14). *Production technology and application of compressed wood panels*. University of Tehran Press. https://www.adinehbook.com/gp/product/9640355428

[9] Madihi Bidgoli, Z. (2014, September 14). *Guide to designing photovoltaic systems to supply electricity by climate and land use*. E. R. I. Technical System Affairs, Deputy Minister of Strategic Supervision of the Ministry of Energy. http://www.satba.gov.ir/suna_content/media/image/2015/09/3922_orig.pdf

[10] Ghorbannezhad, P., Dehghani Firoozabadi, M. R., & Yazdan Moghadam, J. (2018). Appropriate System Design of Wastewater Treatment Plants for Wood Panel Industries. *7*(1), 77-92. https://doi.org/10.22069/ejang.2019.7068.1205