علوم و تکنولوژی محیط زیست، دوره بیست و دوم، شماره هشت، آبان ماه ۹۹

تکنیک حسابداری هزینه یابی جریان مواد و انرژی (MFCA) در راستای مدیریت بهبود مستمر بهره وری (مطالعه موردی : بخش احیا (خط٦) و بخش برش و بسته بندی در کارخانه آلومینیوم سازی ایران (ایرالکو))

فائزه جعفرنسب[۱]

زهرا عابدی[۲]*

Abedi2015@yahoo.com

تاریخ دریافت:۹۶/۵/۲۱ **تاریخ پذیرش: ۹۶/۹/۲۵**

چکیده

زمینه و اهداف: استراتژی بهره وری سبز با آینده نگری و تکیه بر پایه های بهبود بهره وری به عنوان راهکار کلیدی در راستای اهداف توسعه هزاره و توسعه پایدار محسوب میگردد. مهمترین تکنیک بهره وری سبز ،حسابداری هزینه یابی جریان مواد و انرژی می باشد که علاوه بر داشتن نقش مکمل با سایر ایزوهای سری ۱۴۰۰۰ (سیستم مدیریت محیط زیست)، در برگیرنده سایر تکنیکهای بهره وری سبز از جمله چرخه دمینگ[۳]، شش سیگما، 3R[۴] و مواردی از این قبیل است.

روش بررسی: در این مقاله گذشته از ردیابی جریان مواد و انرژی در فرآیندهای تولید، برآورد کمی و پولی مراکز مقدارسنجی، موازنه ورودی ها و خروجی ها در هر قسمت برآورد گردیده و همچنین پتانسیل کاهش مواد و انرژی در بخش های مذکور مشخص شده است.

یافته ها: بر اساس محاسبات صورت گرفته، میزان اتلافات مواد و انرژی برابر با ۱۷۹۱۰,۶۴۲۵ تن به ارزش ۹۰۱۷۶۱,۴۶۲ میلیون ریال بوده است. بیشترین اتلافات مربوط به مرکز مقدارسنجی " سالن CD" در بخش احیا و مرکز مقدارسنجی " برش" در بخش برش و بسته بندی می باشد که به ترتیب که ۵۱/۶۱ ٪ و۹۹/۹۴ ٪ از کل ضایعات هر بخش را به خود اختصاص داده اند. همچنین کمترین اتلافات مرتبط با مرکز مقدارسنجی "FTP[۵]" در بخش احیا و مرکز مقدارسنجی "حمل ونقل " در بخش برش و بسته بندی بوده اند.

بحث و نتیجه گیری: نتایج حاصل از تحقیق می دهد این تکنیک با کاهش مصرف نهاده های تولید به ازای یک مقدار مشخص تولید و یا ارائه خدمات، کاهش هزینه های تولید، کاهش اتلافات فرآیندهای تولیدی، راندمان تولید و رقابت پذیری محصولات را در سطح ملی و جهانی ارتقا می دهد و همچنین عملکرد های اقتصادی و زیست محیطی را نیز بهبود می بخشد.

واژه‌های کلیدی: ایزو ۱۴۰۵۱، حسابداری هزینه یابی جریان مواد و انرژی، توسعه پایدار، ارتقا بهره وری، کارخانه آلومینیوم سازی ایران (ایرالکو).

۱- دانشجوی کارشناسی ارشد اقتصاد انرژی، دانشکده منابع طبیعی و محیط زیست، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد علوم و تحقیقات، تهران، ایران.

۲- استادیار گروه محیط زیست، دانشکده منابع طبیعی و محیط زیست، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد علوم و تحقیقات، تهران، ایران.(مسوول مکاتبات)

3- Plan, Do, Check, Act (PDCA)

4- Reduce, Reuse, Recycle

5- Flora Transfer Protocol

J. Env. Sci. Tech., Vol 22, No.8, October, 2020

Material Flow Cost Accounting (MFCA) to Manage Continuous Productivity Improvement (Case Study: Recovery Section (Line 6) and Cutting and Packaging section of Iran Aluminum Factory (IRELCO))

Faezeh Jafarnasab[1]
Zahra Abedi[2]*
Abedi2015@yahoo.com

Admission Date:December 16, 2017 Date Received: August 12, 2017

Abstract

Backgrounds and Objectives: Green productivity strategy with foresight and relying on the foundations of productivity improvement is considered as a key strategy in line with the goals of the Millennium Development and Sustainable Development. The most important green productivity technique is material and energy flow cost accounting, which in addition to having a complementary role with other ISO 14000 series (environmental management system), includes other green productivity techniques such as Deming cycle, Six Sigma, 3R and there are cases like this.

Method: In this paper, in addition to tracking the flow of materials and energy in production processes, quantitative and monetary estimation of quantification centers, the balance of inputs and outputs in each part is estimated and also the potential for reducing materials and energy in these sectors is specified.

Results: According to the calculations, the amount of material and energy losses was equal to 17910.6425 tons worth 901761.462 million Rials. The most losses are related to the "CD Hall" quantification center in the resuscitation section and the "cutting" quantification center in the cutting and packaging section, which accounted for 51.61% and 99.94% of the total waste in each section, respectively. Also, the lowest losses were related to the "FTP" calibration center in the resuscitation section and the "transportation" calibration center in the cutting and packaging section.

Findings: As calculations and its results, by using Material Flow Cost Accounting in sections that considered in IRALCO, weight of wastages equals to 17910,6425 tons that worth 901761,462 Rials. According to the findings and estimations most of wastages belongs to measurement center of "CD hall" in reduction and measurement of "cutting" in cutting and packing section, respectively with 51/61% and 99/94% of total wastages. Furthermore the lowest amount of wastages belong to "FTP[3]" measurement center in reduction section and "transferring" measurement center in cutting and packing section that has few wastages.

Discussion and Conclusion: Material Flow Cost Accounting is one of the green productivity techniques that by reducing production inputs consumption per production output unit or provision of services unit, reducing production costs, reducing wastages in production processes leads to increasing

1- M.Sc. ,Student, Energy Economy, Department of Natural Resources and Environment, Science and Research Branch, Islamic Azad University, Tehran, Iran
2- Assistant Professor, Department of Natural Resources and Environment, Science and Research Branch, Islamic Azad University, Tehran, Iran *(Corresponding Author)

quality and competitiveness of product and also it leads to economic growth and profitability environmental protection and improving production efficiency of the organization.

Keywords: ISO 14051, Material Flow Cost Accounting, improving productivity, Iran Aluminum Factory (IRALCO).

مقدمه

به دنبال صنعتی شدن و مصرف بی رویه از ذخایر تجدیدناپذیر بخصوص سوخت های فسیلی، کره زمین دچار تغییراتی اجتناب ناپذیر گشته است. از جمله مشکلات زیست محیطی ایجاد شده، گرمایش زمین، تغییرات اقلیمی، خشکسالی و بحران جهانی آب ، انتشار گازهای گلخانه ای، آلودگی هوا و منابع سطحی و زیرزمینی آب، کاهش تنوع زیستی و مسائلی از این قبیل می باشند.

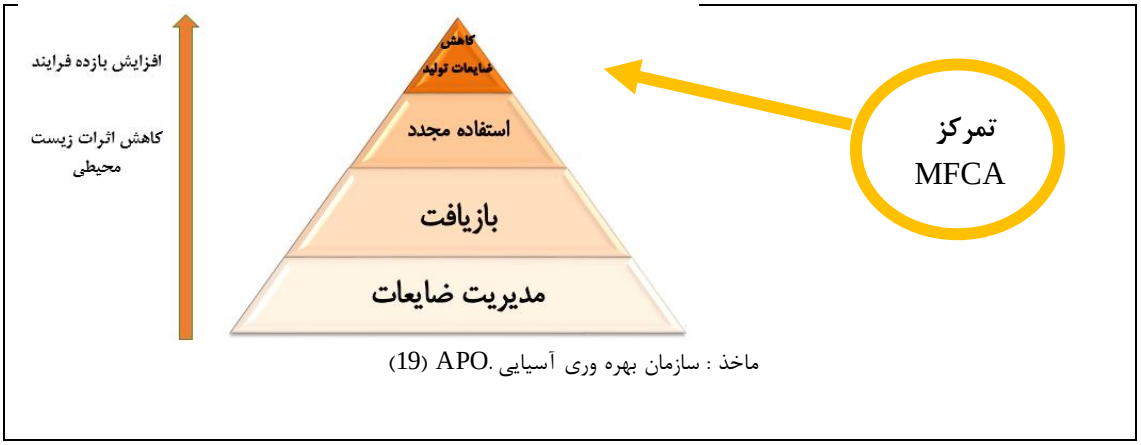
حسابداری هزینه یابی جریان مواد و انرژی[1] به عنوان یک تکنیک کاربردی جهت بهره برداری بخش های مختلف اقتصادی اعم از تولیدی، خدماتی، صنعتی و کشاورزی می باشد که به منظور ارتقا بهره وری، کاهش اثرات مخرب زیست محیطی و حفظ منابع طبیعی در راستای اهداف توسعه پایدار، اقتصاد مقاومتی و اشتغال پایدار بکار گرفته می شود. تکنیک MFCA که به عنوان ایزو ۱۴۰۵۱در زمینه حسابداری مدیریت زیست محیطی در سال ۲۰۱۱ استاندارد گردید(۱۲)، با ردیابی جریان مواد و انرژی مصرفی در فرآیندهای تولیدی، کمی سازی و برآورد هزینه های ضایعات، راهکارهایی را به منظور کاهش زیان های مواد و بهبود بهره وری ارائه دهد و همچنین با توجه به این امر که بنگاه های تولیدی از حجم و هزینه های واقعی اتلافات خود اطلاع ندارند، با شفاف سازی اطلاعات منجر به آگاهی بخشیدن بخش مدیریت جهت تصمیم گیری های آتی و تعیین چارچوب برنامه ریزی بودجه می گردد. از این رو تکنیک حسابداری هزینه یابی جریان مواد و انرژی در سطوح ملی و بین المللی بسیار حائز اهمیت می باشد. همانطور که از شکل (۱) مشاهده می گردد، بیشترین تاکید MFCA بر کاهش ضایعات در فرآیند تولید می باشد. سپس به لحاظ اهمیت و هزینه بر بودن، مراحل بازیافت، استفاده مجدد و مدیریت ضایعات مدنظر قرار می گیرد.

با توجه به استقبال تکنیک حسابداری هزینه یابی جریان مواد و انرژی در سطح جهانی و اهمیت آن، به برخی از تحقیقات انجام گرفته در سطح ملی و بین المللی اشاره می گردد.

عابدی، زهرا با همکاری دشتی رحمت آبادی (۱۳۹۱)، یحیی در مقاله ای تحت عنوان "سیستم حسابداری هزینه یابی جریان مواد وانرژی– ابزاری مناسب جهت نیل به توسعه پایدار در فرایند تولیدات کارخانه ای" روش ایزو۱۴۰۵۱ را در شرکت آذرکاوین پیاده سازی نمودند. در این پژوهش سیستم حسابداری هزینه یابی جریان مواد و انرژی با عنوان ابزاری جهت کاهش مصرف مواد اولیه، استفاده مجدد و بازیافت تولیدات منفی (۳R) در یک دوره یکساله بکارگرفته شد. در این تکنیک، با کاهش میزان تولید محصولات منفی آثار مثبت محیط زیستی به همراه داشت و همچنین با کاهش هزینه های تولیدی موجب ارتقا بهره وری در کارخانه آذرکاوین گردید که می توان آن را گامی مهم در جهت مدیریت بهتر ضایعات در واحد تولیدی و نیل به توسعه پایدار دانست.(1)

عابدی، زهرا، جعفرنسب، فائزه، ۱۳۹۶، در مقاله ای تحت عنوان "سیستم حسابداری هزینه یابی جریان مواد وانرژی در راستای حصول اهداف بهره وری سبز" روش ایزو ۱۴۰۵۱ را در یک دوره یکساله در بخش احیا (خط۶) کارخانه آلومینوم سازی ایران (ایرالکو) پیاده سازی نمودند. بر اساس محاسبات صورت گرفته، با پیاده سازی روش MFCA در بخش احیا کارخانه در سال مالی ۱۳۹۴، میزان هدررفت مواد و انرژی برابر با ۱۷۸۲۶/۹۶۲۵ تن به ارزش ۸۳۸۴۵۵/۰۹۳۲۳۵ میلیون ریال برآورد گردید. بنابراین علاوه بر کاهش هزینه های تولید و ارتقا بهره وری، فرصت صادرات محصولات باکیفیت را بهبود یافت.(۲)

1- Material Flow Cost Accounting (MFCA)



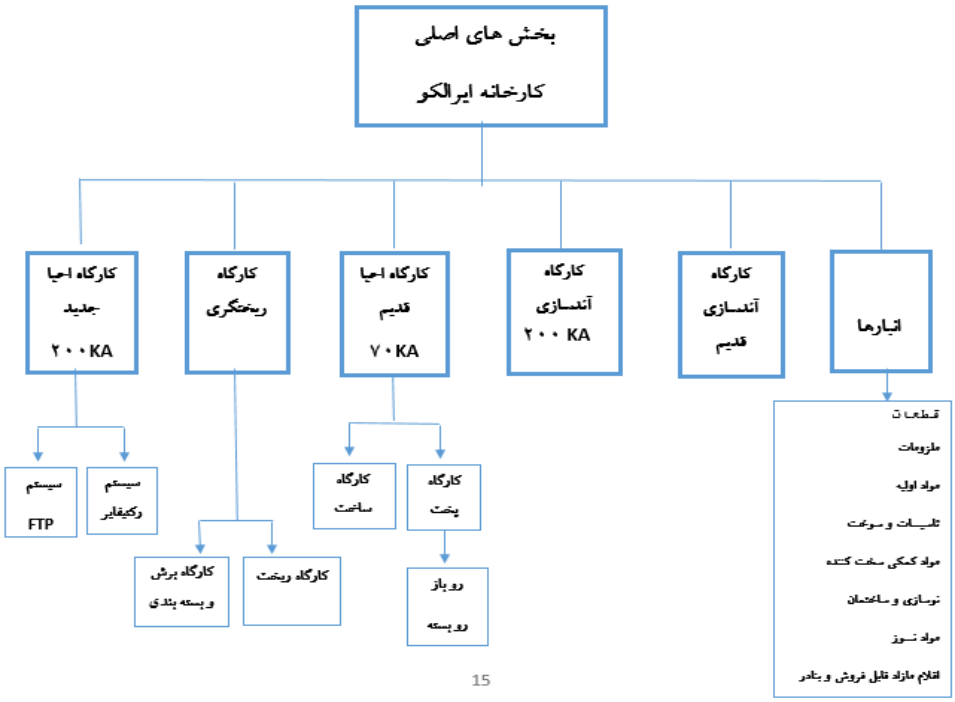
ماخذ : سازمان بهره وری آسیایی .APO (19)

موقعیت کارخانه آلومینیوم سازی ایران (ایرالکو)

مهمترین واحدهای تولیدکننده شمش آلومینیوم ایران، شرکتهای آلومینیوم ایران(ایرالکو) ، المهدی و هرمزال هرمزگان هستند. کارخانه ایرالکو به عنوان بزرگترین کارخانه آلومینیوم سازی ایران، با مساحت ۲۳۲هکتار در کیلومتر ۵ جاده اراک تهران واقع گردیده است که اولین تولید کننده شمش های آلومینیوم ایران می باشد و از سال ۱۳۵۱ با دو خط تولید و ظرفیت ۴۵۰۰۰ تن در سال مورد بهره برداری قرار گرفت. ظرفیت تولید این کارخانه در حال حاضر و با احتساب خروج خطوط کارگاه قدیم و جدید، درحدود ۱۷۵۰۰۰ تن در سال رسیده است که تقریبا ۱۱۰۰۰ کارخانه و کارگاه با بیش از ۲۵۰۰۰۰ نفر در صنایع وابسته به این کارخانه اشتغال دارند. با افزایش نیاز به مصرف آلومینیوم و احداث صنایع زیردستی آن در شهر اراک و شهرهای دیگر استان, استان مرکزی به قطب صنعت آلومینیوم ایران مبدل گردید.

براساس ویژگی های منحصر به فرد ایران از جمله برخورداری از منابع انرژی فراوان و ارزان، موقعیت خلیج فارس جهت تجارت جهانی، ایران به عنوان یک تولیدکننده مهم آلومینیوم مورد توجه قرار گرفته است و طبق گزارشات چهارمین کنفرانس بین المللی آلومینیوم در سال ۲۰۱۶ که به میزبانی کشور ایران برگزار گردید، ایران رتبه بیستمین تولیدکننده بزرگ آلومینیوم در جهان را به خود اختصاص داده است. این در حالی است که تقاضای جهانی و داخلی با نرخ صعودی روبرو هستند و با توجه به سند چشم انداز ۱۴۰۴ پیش بینی می شود که ایران به رتبه هفدهم دست یابد. (9)

در این پژوهش با توجه به اهمیت موضوع MFCA، به بررسی بخش های برش و بسته بندی، و بخش احیا جدید پرداخته شده که علت انتخاب این بخش ها بالا بودن میزان مصرف مواد اولیه ، انرژی و همچنین میزان تولید ضایعات بوده است که در شکل(۲) بخش های اصلی کارخانه نشان داده شده است.



ماخذ: پژوهشگر

شکل ۲- معرفی بخش های اصلی تولید در کارخانه آلومینیوم سازی ایران(ایرالکو)

Figure 2. Introduction of the main production sections at Iran Aluminum Manufacturing Plant (IRELCO)

❖ **بخش احیا (خط ۶) :**

بخش احیا در دو سالن موازی (فاصله بین آنها ۴۰ متر)، به طول ۷۴۴ متر و عرض ۲۴متر با ارتفاع ۱۶ متر (به دلیل وجود کرین های چند منظوره) قرار دارد که اولین فاز بهره برداری آن از ۱۳۸۶/۲/۳۱ وارد خط تولید شده و فاز دوم، در تاریخ ۱۳۸۷/۶/۲۹ و فاز سوم آن در تاریخ ۱۳۸۷/۹/۲۷ به بهره برداری رسیده است.

در فضا و در طول خط، سه سیستم کنترل آلودگی، سه سیلوی آلومینای دو طبقه با قطر ۱۸ متر، سه سیستم حمل آلومینا و سه عدد کرین چندمنظوره نصب گردیده است. چهار مسیر عبوری در طول خط و بین دو سالن جهت نقل و انتقال آلومینیوم تخلیه شده ، حمل آندهای مصرفی و مواد دیگر تعبیه شده است . در هر سالن ۱۰۵ عدد کوره کوچک به منظور تولید مذاب آلومینیوم نصب گردیده است که با توجه به وجود دو سالن موازی کل کوره های های موجود در خط جدید ایرالکو ۲۱۰ عدد می باشند که به صورت سری به یکدیگرمتصل هستند و ولتاژ آنها حدود ۴,۲ ولت و جریان آنها حدود ۲۰۰کیلو آمپر می باشد.

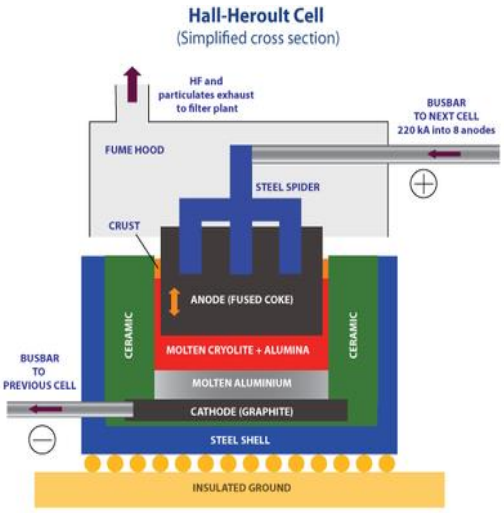
فرآیند تولید آلومینیوم بخش احیا همواره بیشترین مصرف انرژی برق را به همراه داشته است به همین خاطر کارخانه دارای نیروگاه اختصاصی به خود است تا جریان AC [۱] را DC [۲] تبدیل نماید. مقدار انرژی برق مصرفی بخش احیا (خط ۶) در سال ۹۴ برابر با ۱۶۴۵۴۸۳۷۸۲ [۳] کیلووات بوده است. درقسمت زیر هر کوره، ۱۸ عدد کاتد تعبیه شده و ۱۴ عدد بلوک آند نیز در هر طرف دیگ ها و در سطح بالایی قرار گرفته است. (در کل ۲۸ بلوک آند در هر دیگ) در واقع آندها و کاتد ها عامل ایجاد جریان می باشند و فاصله بین آندها و کاتدها توسط مواد مذاب آلومینیوم پر شده است . (شکل ۳)

۱- Alternative Current، جریان الکتریکی متناوب

۲- Direct Current، جریان الکتریکی مستقیم یا پیوسته

۳- طبق اطلاعات اعلام شده توسط نیروگاه برق داخل کارخانه آلومینیوم سازی ایران (ایرالکو)

بر اساس بازدید ها و بررسی های صورت گرفته، مراکز مقدارسنجی بخش مورد بررسی به صورت دو سالن AB و CDو یک مرکز کنترل آلودگی (FTP) تفکیک گشته است. (شکل ۴)



ماخذ : پرتال شرکت آلومینیوم ایران (ایرالکو)

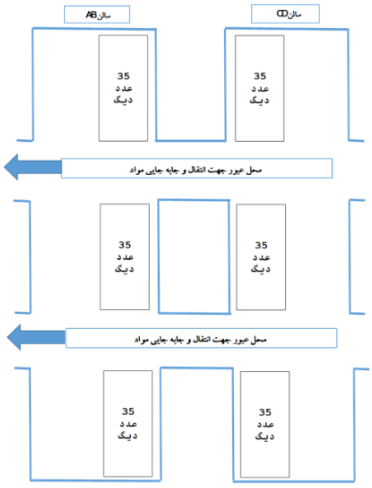
شکل ۳- بخش های داخلی کوره تولید مذاب آلومینیوم

Figure3. Internal sections of aluminum melting furnace

❖ **بخش برش و بسته بندی :**

فعالیت های زنجیره ای سه کارگاه آند، میله گذاری و احیا منجر به تولید مذاب آلومینیوم می گردد. مذاب تولیدی به کارگاه ریخت منتقل میشود و طی فرآیند به انواع آلیاژهای ریختگی و کار پذیر آلومینیوم در استانداردهای مختلف تبدیل میشوند و سپس جهت آماده سازی جهت ارسال به انبار محصولات به بخش برش و بسته بندی ارسال می گردند. بخش برش و بسته بندی با مساحت ۵۷۷۰ متر مربع و ارتفاع ۱۸ متر، در انتهای بخش ریخت واقع است و از سال ۱۳۵۱ مورد بهره برداری قرارگرفته است. در شکل شماره ۵، نمای کلی کارگاه برش و بسته بندی نشان داده شده است. این بخش دارای ۴ عدد دستگاه اره برش جهت برش دادن شمش ها در اندازه های مختلف، متناسب با درخواست مشتریان و همچنین یک عدد دستگاه کرین جهت جابه جایی بیلت های آماده از کارگاه ریخت به بخش برش و بسته بندی، می باشد که از سال بهره برداری این بخش تاکنون، هیچ دستگاه جدیدی خریداری نشده است.

انرژی مصرف شده در بخش برش و بسته بندی شامل انرژی انرژی برق و آب صنعتی می باشد. با توجه به اینکه عملیات



ماخذ : بررسی پژوهشگر

شکل ۴- نمای کلی بخش احیا (خط ۶)

Figure4. Overview of the recovery section (line 6)

برش به صورت مکانیکی انجام می شود و سایر مراحل دستی می باشند، بنابراین انرژی برق مصرفی این بخش تنها به دستگاه های اره برش اختصاص دارد که میزان آن در سال ۹۴ برابر با ۳۷۳۶۸۰ [۱]کیلووات بوده است. به منظور اجرای تکنیک MFCA ، براساس بررسی های انجام شده و مشاهدات صورت گرفته، هر یک از فرآیندهای زنجیره تولید در بخش برش و بسته بندی به عنوان یک مرکز مقدارسنجی در نظر گرفته شده است.

مراکز مقدارسنجی بخش برش و بسته بندی: برش، بسته بندی و حمل و نقل.

با توجه به این امر که فرآیند آماده سازی شمش ها جهت فروش با یکدیگر متفاوت اند بنابراین هر شمش دارای مراکز مقدارسنجی(**Q.C**) [۲] مختلفی می باشد که در شکل شماره (۵) به صورت یک نمای کلی نشان داده شده است.

۱- طبق اطلاعات اعلام شده توسط نیروگاه برق داخل کارخانه آلومینیوم سازی ایران (ایرالکو)

2 - Quantity Center

مراکز مقداری سنجی هر یک از محصولات :

✓ **شمش بیلت و شمش تیبار:**

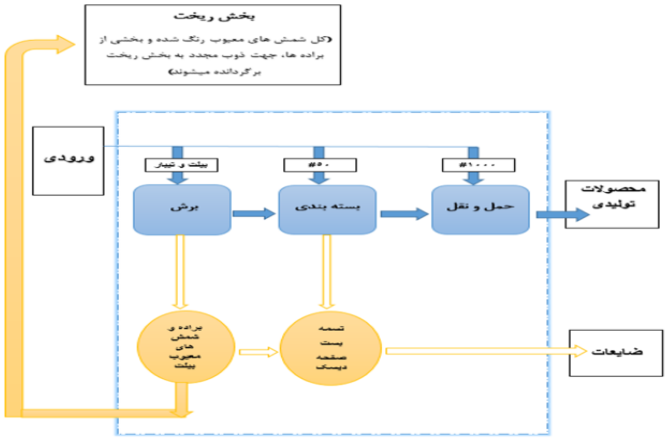
شمش های بیلت و تیبار دارای ۳ مرکز مقدارسنجی برش (با طول و قطرهای متفاوت که به نوع کاربرد شمش و سفارش مشتریان بستگی دارد)، بسته بندی (در تعداد و وزن های متفاوت است که با توجه به نوع شمش صورت میگیرد) و حمل و نقل هستند.

✓ **شمش پنجاه پوندی:**

شمش پنجاه پوندی دارای دو مرکز مقدارسنجی بسته بندی و حمل و نقل است.

✓ **شمش هزار پوندی:**

شمش هزار پوندی دارای یک مرکز مقدارسنجی حمل و نقل می باشد و بدون هیچگونه تغییری، مسقیما بعد از توزین به انبار محصولات منتقل می شوند.



ماخذ : پژوهشگر

شکل ۵- نمای کلی بخش برش و بسته بندی

Figure 5. Overview of cutting and packaging sector

روش بررسی

این مقاله توصیفی- تحلیلی و کاربردی می باشد که در مقطع زمانی سال مالی ۱۳۹۴ تجزیه و تحلیل و اجرا گردید. بر اساس مطالعه کتابخانه ای، مطالعات و بازدیدهای مستمر میدانی (به منظور مشاهده و ارزیابی فرآیند تولید و همچنین ردیابی مواد و انرژی در پروسه تولید)، مشورت و ایجاد طوفان فکری با کارشناسان و مصاحبه با کارگران بخش های مختلف کارخانه، به بررسی اثر تکنیک حسابداری هزینه یابی جریان مواد در بخش احیا (خط ۶) و بخش برش و بسته بندی کارخانه آلومینیوم سازی ایران (ایرالکو) پرداخته شده است.

در مرحله بعد، پس از مشاهده و تعیین مراکز مقدارسنجی، مواد و انرژی ورودی و خروجی که شامل محصولات و ضایعات فرآیند می باشند از نظر کمی و هزینه ای رزیابی و برآورد گردیده و در نهایت هریک از مراکز مقدارسنجی و سپس کل زنجیره تولید از لحاظ برقراری موازنه جریان مواد و انرژی و مشخص سازی مواد گم شده مورد بررسی قرار گرفته اند. در این روش ارزش و سود نهفته در ضایعات مورد توجه قرار می گیرد و ضایعات کالایی محسوب می شود که دارای ارزش داخلی (به عنوان مواد اولیه داخل بنگاه تولیدی) و یا خارجی (دارای تقاضا و ارزش برای سایر بنگاه های تولیدی) هستند. تمرکز بر کاهش، بازیافت و استفاده مجدد از ضایعات در فرآیندهای تولید و بکارگیری سایر تکنیک های بهره وری سبز، موجب ارتقا راندمان بهره وری و تولید، بهبود عملکردهای اقتصادی و زیست محیطی، کاهش هزینه های تولید و اتلافات فرآیندی گشت.

لازم به ذکر است که کلیه اطلاعات ارائه شده در جداول از طریق بررسی و تجزیه و تحلیل کامل زنجیره تولید کارخانه

آلومینیوم سازی ایران (ایرالکو) طی سال مالی ۱۳۹۴ (۱۲ماه)، توسط محقق برآورد گردیده است. در جدول (۱)، سهم محصولات ، ضایعات و تولیدات پایان دوره که در انتهای سال مالی در بخش ها باقی مانده اند، از نظر کمی و هزینه ای مورد بررسی قرار گرفته شده است.

جدول ۱- بررسی سهم مواد مصرف شده در مراکز مقدارسنجی بخش احیا(خط۶) بر اساس MFCA

Tabel 1.Evaluation of the share of consumed materials in the metering centers of the resuscitation section (line 6) based on the MFCA

مراکز مقداری / محصولات و هدر رفت ها	مرکز مقدارسنجی ۱ AB	مرکز مقدارسنجی ۲ CD
محصولات (جمع کل مواد به تن)	۵۶۱۰۰/۵۴۵	۵۶۰۰۲/۵۰۰
سهم محصول از کل مواد استفاده شده در مرکز	٪ ۵۰/۰۴	٪ ۴۹/۹۶
سهم هدررفت از کل مواد هدر رفته (محصولات ←)	٪ ۴۸/۳۹	٪ ۵۱/۶۱

ماخذ : برآورد توسط پژوهشگر

در جدول ۱، مقادیر وزنی محصولات و اتلافات در مراکز مقدارسنجی بخش احیا نشان داده شده است که بیانگر سهم بالای ضایعات در مرکز مقدارسنجی "CD" می باشد.

جدول ۲- بررسی سهم مواد مصرف شده در مراکز مقدارسنجی بخش برش و بسته بندی بر اساس MFCA

Table 2 . Evaluation of the share of materials consumed in the measurement centers of the cutting and packaging section based on the MFCA

مراکز مقداری / محصولات و اتلافات	مرکز مقدارسنجی ۱ برش (شمش بیلت و تیبار)	مرکز مقدارسنجی ۲ بسته بندی (شمش بیلت و ۵۰پوندی)	مرکز مقدارسنجی ۳ حمل و نقل (تمامی شمش ها)
محصولات(جمع کل مواد به تن)	۲۷۲۰۹/۱۶۵	۵۵۱۳۱/۲۶۵	۱۸۱۸۲۴/۰۱۵
سهم محصول از کل مواد استفاده شده در مرکز	٪ ۱۴/۴۱	٪ ۲۹/۶۷	٪ ۹۹/۴۸
هدررفت (جمع کل به تن)	۸۵۳/۱۴	۰/۵۴	۰
سهم هدررفت از کل مواد هدر رفته (محصولات ←)	٪ ۹۹/۹۴	٪ ۰/۰۶	۰

ماخذ : برآورد توسط پژوهشگر

در جدول ۲، مقادیر وزنی محصولات و اتلافات در مراکز مقدارسنجی بخش برش و بسته بندی نشان داده شده است که بیانگر سهم بالای ضایعات در مرکز مقدارسنجی "برش" می باشد.

جدول۳- کل مواد مصرف شده و هزینه های مواد در کل بخش های مورد بررسی کارخانه ایرالکو بر اساس تکنیک MFCA

Table 3. Total consumed materials and materials costs in all parts of the Iralco plant based on the MFCA technique

مقدار و سهم / محصول و اتلافات	جمع کل مواد (تن)	سهم محصول از کل مواد استفاده شده	هزینه مواد (میلیون ریال)	سهم هزینه در کل هزینه های مواد (میلیون ریال)
محصول	۲۹۳۸۷۴,۷۵	٪ ۹۱,۴۲	۱۶۷۱۹۶۲۸,۷۵۳	٪ ۹۴,۸
ضایعات	۱۷۹۱۰,۶۴۲۵	٪ ۸,۵۵	۹۰۱۷۶۱,۴۶۲	٪ ۵,۱۱
محصولات پایان دوره	۱۳۱,۷۹	٪ ۰/۰۳	۱۶۲۳۰,۸۸۸	٪ ۰/۰۹

ماخذ : برآورد توسط پژوهشگر

در جدول (۲)، موازنه جریان مواد و انرژی محصولات، ضایعات و محصولات پایان دوره در بخش های احیا و بخش برش و بسته بندی با لحاظ نمودن سایر هزینه های مرتبط شامل هزینه های انرژی، سیستم و مدیریت ضایعات مورد محاسبه قرار گرفته است.

جدول۴- موازنه مواد و انرژی در بخش برش و بسته بندی بر اساس MFCA

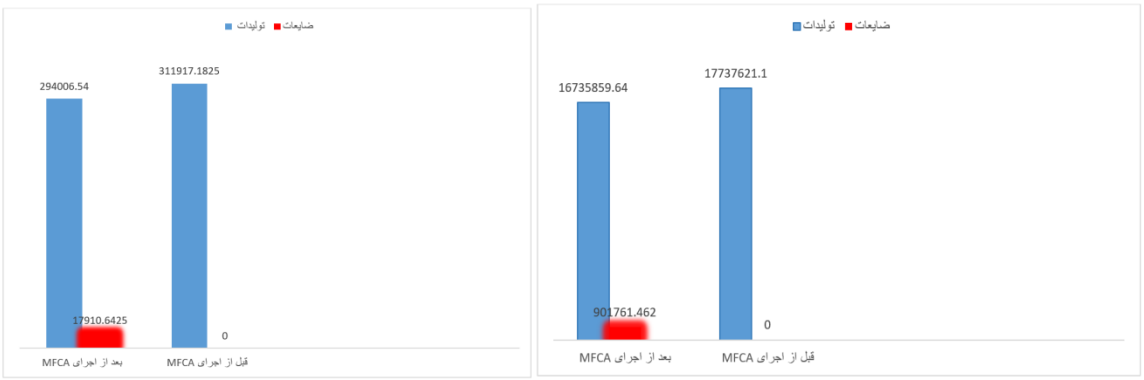
Table 4. Material and energy balance in cutting and packaging based on MFCA

	کل جرم (تن)	هزینه کل مواد (میلیون ریال)	هزینه انرژی (میلیون ریال)	هزینه سیستم (میلیون ریال)	هزینه مدیریت ضایعات (میلیون ریال)	کل
کل ورودی	۴۶۷۹۸۴,۹۱۹	۱۷۶۳۷۶۲۱,۱	۹۲۳۲۸۳,۲۴۵	۴۵۹۲۰۳,۱۷۲	۳۷۷۴,۱۹۲۹	۱۹۰۲۳۸۸۱,۷۱
تولیدات ٪ ۹۱,۴۲	۲۹۳۸۷۴,۷۵	۱۶۷۱۹۶۲۸,۷۵۳	۸۴۴۰۶۵,۵۴۳	۴۱۹۸۰۳,۵۴	۰	۱۷۹۸۳۴۹۷,۸۳۶
ضایعات ٪ ۸,۵۵	۱۷۹۱۰,۶۴۲۵	۹۰۱۷۶۱,۴۶۲	۷۸۹۴۰,۷۱۷	۳۹۲۶۱,۸۷۱	۳۷۷۴,۱۹۲۹	۱۰۲۳۷۳۸,۲۴۳
پایان دوره ٪ ۰/۰۳	۱۳۱,۷۹	۱۶۲۳۰,۸۸۸	۲۷۶,۹۸۵	۱۳۷,۷۶۱	۰	۱۶۶۴۵,۶۳۴
کل	۳۱۱۹۱۷,۱۸۳	۱۷۶۳۷۶۲۱,۱	۹۲۳۲۸۳,۲۴۵	۴۵۹۲۰۳,۱۷۲	۳۷۷۴,۱۹۲۹	۱۹۰۲۳۸۸۱,۷۱

ماخذ : برآورد توسط پژوهشگر

* نکته: عدم یکسانی جرم مواد ورودی و خروجی مربوط به عدد اورفکتور مواد مصرفی بخش احیا می باشد.

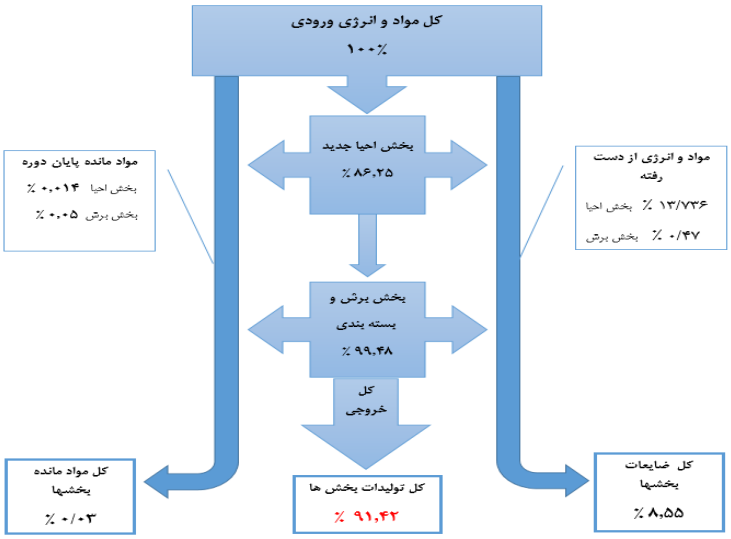
پس از موازنه مواد و انرژی، محصولات و ضایعات تولید شده در کارخانه ایرالکو که مطابق با تکنیک MFCA تفکیک و برآوردید شده اند با روش حسابداری سنتی مورد مقایسه قرار گرفته اند که در نمودارهای ۱ و ۲ ارائه گردیده است.



ماخذ : برآورد توسط پژوهشگر

نمودار ۱ و ۲- مقایسه جرمی و هزینه ای تولیدات و ضایعات، در روش حسابداری سنتی و روش MFCA

Chart 1 and 2. Mass and Cost Comparison of Production and Waste, in the traditional accounting method and MFCA method



ماخذ : برآورد توسط پژوهشگر

شکل ۶ -نمای کلی جریان مواد و انرژی در بخش های احیا جدید و بخش برش و بسته بندی

Figure 6 . Overview of the flow of materials and energy in the new recovery sections and the cutting and packaging sections

نتیجه گیری

با کاربرد روش MFCA در سال مالی ۱۳۹۴، میزان هدررفت مواد و انرژی در بخش های مورد بررسی برابر با ۱۷۹۱۰,۶۴۲۵ تن به ارزش ۹۰۱۷۶۱,۴۶۲ میلیون ریال برآورد گردید. طبق محاسبات صورت گرفته ، بیشترین اتلافات مربوط به مرکز مقدارسنجی " سالن CD" در بخش احیا و مرکز مقدارسنجی " برش" در بخش برش و بسته بندی که به ترتیب که ۵۱/۶۱ ٪ و۹۹/۹۴ ٪ از کل ضایعات هر بخش را به خود اختصاص داده اند. همچنین کمترین اتلافات مرتبط با مرکز مقدارسنجی " بخش "FTP" در بخش احیا و مرکز مقدارسنجی "حمل ونقل " در بخش برش و بسته بندی بوده اند که مقدار آنها بسیار ناچیز است. در حقیقت میزان هزینه ضایعات تولید شده برابر با همان سودی است که کارخانه ایرالکو میتوانست کسب نماید ولی به دلایل فنی، انسانی ، عدم

آگاهی از روشها و تکنیک های بهره وری ویا عدم آشنایی و بکارگیری روش های نوین مدیریتی از دست داده است.

بطور کلی با بکارگیری تکنیک MFCA ، میزان مواد اولیه و انرژی مصرف شده در بخش های مورد بررسی بطور قابل ملاحظه ای کاهش خواهد یافت که این مهم قطعا افزایش بهره وری، کاهش هزینه های تولیدی، ارتقا سود و بهبود رقابت پذیری را دربر خواهد داشت. همچنین تواما همراه با کاهش میزان تولید ضایعات حفظ منابع طبیعی و در نتیجه توسعه پایدار را به همراه داشته است.

در تحقیقات مشابه تکنیک MFCA، از جمله شرکت نیتو دنکو، سهم محصولات مثبت ۱۰٪ افزایش یافته است و در بهبود بهره وری مواد و رقابت پذیری شرکت اثرگذار بوده است.(15) همچنین نتایج حاصل از مطالعه کومار، آدیتیا و همکارانش نشان داده است که پیاده سازی حسابداری هزینه یابی جریان مواد و انرژی با بررسی جریان تولید و مدیریت ضایعات می تواند موجب بهبود عملکردهای اقتصادی و زیست محیطی گردد. (4) که با نتایج این تحقیق مبنی بر ارتقا سودآوری بنگاه اقتصادی و صیانت از محیط زیست مطابقت دارد.

نتایج مطالعه محمدی و همکارانش در شرکت پالایش نفت تبریز که از این تکنیک به عنوان سیستم مدیریتی جهت بهینه سازی مصرف انرژی و مواد استفاده نموده بودند، بیانگر افزایش ارزش محصولات مثبت از ۵۸,۹۲ ٪ به ۹۰,۷۶ ٪ و کاهش اتلافات از ۴۱,۰۸ ٪ به ۹,۲۳ ٪ بوده است(۷) که با نتایج تحقیق حاضر بر بهبود راندمان تولید و کاهش تولید ضایعات مطابقت دارد.

پیشنهادات بر اساس یافته های تحقیق :

- ✓ با توجه به این امر که انرژی برق در کارخانه تولید آلومینیوم بسیار حائز اهمیت می باشد و با توجه به حجم بالای مصرف دارای نیروگاه برق مجزا می باشد، بنابراین ایزوله سازی کوره های ذوب فلز آلومینیوم از طریق نظم دهی و شماره گذاری درپوش های اطراف کوره ها، واردات بلوک های کربنی (آند) با کیفیت، کاهش افت اتصالات کوره های ذوب بخش احیا، منجر به کاهش اتلاف انرژی برق و حرارتی می گردد. لذا همراه با کاهش هزینه های تولید، سود کارخانه بهبود می یابد. در تحقیقات آتی نیز می توان میزان مصرف انرژی را بر اساس پیشنهادات ارائه شده مورد بررسی قرار داد.
- ✓ بکارگیری تکنولوژی و تجهیزات جدید از طریق واردات بسیار هزینه بر خواهد بود، پیشنهاد می شود به منظور بهینه سازی مصرف انرژی و مواد اولیه وکاهش اتلافات، قبل از تخریب یا خرابی، ماشین آلات خطوط تولیدی مورد یررسی قرار گیرد تا از ایجاد وقفه زمانی در جریان تولید و بروز خسارات مالی برای کارخانه جلوگیری گردد.
- ✓ استفاده مجدد از بلوکهای آند بزرگ بخش احیا به منظور ساخت بلوک های آند کوچک مصرفی در بخش احیا قدیم و همچنین استفاده مجدد از آهن آلات انبار ضایعات به عنوان مواد آلیاژی اولیه در بخش ریخت کارخانه که موجب صرفه جویی در خرید میگردد و کاهش هزینه های تولید و ارتقا سود کارخانه را به همراه دارد.
- ✓ بکارگیری از سایر تکنیک های بهره وری سبز در جهت کامل سازی و تداوم پیاده سازی تکنیک حسابداری هزینه یابی جریان مواد و انرژی که قطعا موجب ارتقا راندمان تولید و بهره وری، کاهش اتلافات و بهبود عملکردهای اقتصادی و محیط زیستی شرکت خواهد گردید.

Reference

1. Abedi, Zahra and Dashti Rahmat Abadi, Yahya, Accounting System of Material and Energy Flow Costing, A Suitable Tool for Sustainable Development in the Process Manufacturing Process, by Azarakvin Co., "Third International Conference

on a New Approach to Energy Conservation", 1391, Tehran, Iran. (In Persian)

2. Abedi, Zahra and Jafarnesab, Faezeh, 1396, Materials and Energy Flow Costing Accounting System (MFCA) in order to achieve green productivity Case Study: Iran Aluminum Plant (Iralco), Rehabilitation Department,7th International Conference Emerging Trends Energy & environmental Conservation – ITEC, Tehran, Iran. (Persian)
3. Abedi, Zahra and Jafarnesab, Faezeh, 1399, Material and Energy Flow Costing Accounting System (MFCA) A Key Step in the Age of Sustainable Development Case Study: Iran Aluminum Factory (Iralco), Cutting and Packaging Section, 5th International Conference on Modern Tricks Management, accounting, economics and banking with a business growth approach, Athens, Greece. (In Persian)
4. Aditya Kumar Sahu. R.K.Padhy, Debarata Das, Amitosh Gautam,2021, Improving financial and environmental performance through MFCA: A SME case study, Journal of cleaner production, Volume 279
5. Dianati Dailami, Zahra, 1394, Material and Energy Flow Costing Accounting: A Traditional Approach & Materials Stream,Journal of Accounting, Management,Vol.8, No.27,Page20-1. (In Persian)
6. Edeltraud Guenther,Christine Jasch, Mario Schmidt, Bernd Wagner, Patrick llg, 2015 , Material Flow Cost Accounting – looking back and ahead, Journal of cleaner production, Volume 108, Part B, Pages 1249-1254
7. Elham Mahmoudi, Neaimeh Jodeiri, Esmaeil Fatehifar, 2017, Implementation of material flow cost accounting for efficiency improvement in wastewater treatment unit of Tabriz oil refining company, Journal of cleaner production, Volume 165, Pages 530-536
8. Ghahramani, Layla, "The Impact of Accounting System on Material and Energy Flow Cost Efficiency on Economic and Environmental Efficiency", Master's thesis, Islamic Azad University, Science and Research Branch, Faculty of Environment and Energy, 1395. (In Persian)
9. International Aluminum Conferences. (In Persian)
10. Katherine L. Christ & Roger L. Burritt, 2014, Material flow cost accounting: a review and agenda for future research, Journal of Cleaner Production, Volume 108, Part B, Pages 1378-1389
11. Katsuhiko Kokubu & Hirotsugu Kitada,2014, Material Flow Cost Accounting and existing management perspectives, Journal of Cleaner Production, Volume 108, Part B, Pages 1279-1288.
12. Mahmoudi, Behrouz, Material Flow Costing (ISO 14051), National Iranian Productivity Organization, First Printing, Tehran: National Mapping Organization, 1394, pp. 53-65. (persian)
13. Mishelle Doorasamy & Ritson Road, 2015, Benchmarking: A Strategy to Improve Environmental Performance by using Material Flow Cost Accounting Emprical Study Based on a Paper Manufacturing Company,

Asian Journal of Business and Management, Volume 03, – Issue 01
14. Martina Prox , 2016 , Material Flow Cost Accounting extended to the supply China – Challenges, Benefits and Links to Life Cycle Engineering, International Conference on Industrial Engineering and Operations Management, Kuala Lumpur, Malaysia, Volume 29, Pages 486-491
15. Manual on Material Flow Cost Accounting (ISO 14051) books, 2014. Asian Productivity Organization, ISBN 978-92-833-2450-8
16. Nadine Maya, edeltraud Guenther, 2020, shared benefit by Material Flow Cost Accounting in the food supply chain – The case of berry pomace as upcycled by-product of a black currant juice production, Journal of cleaner production, Volume 245
17. RBC-Aluminum Market; U.S. Geological Survery Minerals yearbook; CRISIL; A.T. Kearnery analysis
18. Shaio Yan Huang & an Chiu & Po Chi Chao & Ni Wang, 2019. "The Application of Material Flow Cost Accounting in Waste Reduction," Sustainability, MDPI, Open Access Journal, vol. 11(5), pages 1-27, February.
19. www.APO-tokyo.org
20. www.Nipo.gov.ir (National Iranian Productivity organization).