

اهمیت مهندسی معکوس در بهبود عملکرد تجهیزات و کاهش هزینه های تولید در صنعت سیمان

چکیده: در این مقاله به تشریح مهندسی معکوس، بیان تاریخچه آن، تعاریف و روشهای آن پرداخته شده است. سپس

به نقش مهندسی معکوس در فرآیند مهندسی هم زمان پرداخته شده است، همچنین به موارد استفاده شده در شرکت

سیمان نهایوند بصورت نمونه میدانی پرداخته شده است. در پایان نیز به بررسی و پیشنهاد فنی پیرامون مهندسی معکوس در

صنایع سیمان و نتیجه گیری نقش مهندسی معکوس در کاهش هزینه های تولید اشاره شده است.

مقدمه:

مهندسی معکوس روشی آگاهانه و عالمانه جهت دستیابی به فناوری برتر جهت رشد و توسعه می باشد. این رویکرد روشی منطقی و نظام مند برای تعیین میزان کمبود اطلاعات فنی به منظور پشتیبانی از تولید یک محصول و انجام یک کار تیمی منسجم برای تکمیل این اطلاعات است لذا تشکیل گروه های کارشناسی ضروری است که این گروه ها موظفند به وسیله تجهیزات پیشرفته و دقیق به همراه مدیریت و سازماندهی مناسب با استفاده از روش های گوناگون، نقشه های طراحی، مشخصات و استانداردهای محصول را به دست آورند و با این روش محصولی تولید کنند که کمترین تفاوت را با مشخصات محصول الگو داشته باشد و همچنین کاستی های فرآیندی محصول را تا حد امکان برطرف نماید.

تاریخچه مهندسی معکوس:

استفاده از روش مهندسی معکوس از قرن ها پیش متداول بوده و در دهه اخیر رواج جهانی یافته است. در تحقیقات اخیر از مهندسی معکوس به عنوان مجموعه ای از روش ها برای کسب دانش فنی بر اساس مطالعه محصول اشاره شده است که این محصول می تواند به دو شکل نرم افزاری و سخت افزاری باشد که در سال های اخیر تحقیقات در زمینه مهندسی معکوس نرم افزاری بیشتر دیده شده است. در ایران هم پس از پیروزی انقلاب اسلامی و به دنبال تحریم های اقتصادی با القاب فرهنگ خودباوری و خوداتکایی، از روش مهندسی معکوس به عنوان یک روش موفق برای پاسخگویی به نیازهای اساسی استفاده شده است.

تعاریف مهندسی معکوس:

مهندسی معکوس در واقع فرآیند کشف مشخصات و اطلاعات نا دانسته یک سیستم سخت افزاری یا نرم افزار موجود می باشد که از طریق آن می توانند به رموز طراحی و فرآیندهای ساخت نمونه مشابه پی ببرند.

در مهندسی معکوس هدف، تولید محصولی جدید (دارای تکنولوژی خاص) با استفاده از محصولی است که پیش از آن تولید شده است. بدان معنی که از روی مشخصه های اصلی و مهندسی محصول موجود به داده ها و اطلاعات اولیه مهندسی می توان دست یافت. در مهندسی معکوس، فقط از محصول اولیه به عنوان الگو و برای صرفه جویی در سرمایه ها اعم از مالی، زمانی، نیروی انسانی و ... استفاده می شود.

مهندسی معکوس در طراحی و ساخت محصولات مکانیکی در ۴ شاخه اصلی زیر توسعه زیادی یافته است:

- روش مهندسی معکوس به عنوان یک فرآیند تولید محصول

- روش مهندسی معکوس قطعه یا مجموعه ای از قطعات

- روش تولید الگوی CAD

- روش مستقیم از روی قطعه

در زمینه کاربرد مهندسی معکوس موارد زیر را می توان شرح داد:

- طراحی جدید: در این شیوه ماکت دقیق قطعه معمولاً به صورت چوبی یا آلومینیومی، و در برخی موارد به صورت نمونه

ای که از مواد اصلی تهیه شده است ساخته می شود. در این حالت نقشه ها هنوز ترسیم نشده اند و نمونه واقعی هنوز

وجود ندارد. با اعمال روش های مهندسی معکوس، از روی الگوی موجود می توان الگوی CAD را ایجاد کرد و در

مسیر دستیابی به قطعه واقعی گام برداشت. بدین ترتیب زمان طراحی قطعه بسیار کوتاه خواهد شد. در برخی محصولات

ممکن است به دلایل مختلف (نظیر عدم ارایه نقشه توسط سازنده، تحریم های تجهیزاتی و عدم ارایه قطعات یدکی از سوی

فروشنده تجهیز) نقشه ها یا برنامه های اجرایی ساخت قطعه در دسترس نباشد. ولی به تولید قطعه نیاز باشد. در این

صورت چاره ای بجز بکارگیری تکنیک های مهندسی معکوس وجود ندارد.

- اصلاح طراحی قطعه موجود:

در این حالت ابتدا با اعمال مهندسی معکوس الگوی CAD قطعه ایجاد می شود. سپس اطلاعات موجود روی این الگو

اعمال می گردد و بر مبنای آن طرح ساخته می شود.

- طراحی قطعات خیلی بزرگ:

اندازه گیری دقیق قطعات بزرگ اغلب با تجهیزات اندازه گیری معمول، عملی نمی باشد در طراحی یک قطعه بزرگ

نیز، ساخت الگوی دقیق فیزیکی با ابعاد اصلی، کار زمان بری است. در چنین حالتی می توان یک الگوی قیاسی با ابعاد

کوچک ساخت و با اعمال روش مهندسی معکوس از روی آن، الگوی CAD را به دست آورد سپس این الگو را در مقیاس مورد نظر بزرگ نمود و اصلاح کرد.

- طراحی قطعات آسیب دیده، مستهلک شده یا شکسته:

هنگامی که قطعه حساس آسیب می بیند یا می شکند و قطعه یدکی آن در دسترس نیست یا حتی نقشه های آن موجود نمی باشد، با استفاده از سیستم های بازسازی، تصویر قطعه با الگوی CAD ساخته می شود سپس از روی آن قطعه جدید تولید می گردد.

نقش مهندسی معکوس در فرآیند مهندسی همزمان:

مهندسی همزمان در دهه اخیر به عنوان یک استراتژی جدید و موثر در رفع نیازهای مهندسی، پیش بینی همزمان تمام عوامل موثر در بهبود طراحی و بهینه نمودن آنها و افزایش قابلیت های طراحی محصول، نقش موثری ایفا نموده است. و همچنین این رویکرد توانسته هزینه های طراحی و تولید را به میزان قابل ملاحظه ای کاهش دهد و کارایی طراحی را بهبود ببخشد. فاصله زمانی بین طراحی تا تولید، طول عمر محصول، قابلیت اطمینان، کارکرد، از عواملی هستند که به کمک مهندسی همزمان می توان به آنها دست یافت.

مراحل اجرای فرآیند مهندسی معکوس:

مرحله اول: تجزیه و تحلیل عملکرد اقتصادی

- هدف گذاری و جمع آوری اطلاعات: تعیین هدف از انجام پروژه و جمع آوری مستندات لازم
- ارزیابی اطلاعات و برنامه ریزی: مشخص کردن سطح اطلاعات ناقص مورد نیاز، تخمین هزینه، تخصیص منابع و برآورد زمان توسط نمودار گانت اجرایی پروژه و ...
- مرحله دوم: آنالیز عملکرد و دمونتاژ مورد:
 - آزمایش و بازرسی اولیه: به منظور جلوگیری از تکرار عیوب باید تجهیز مورد نظر را با دقت مورد بازرسی قرار داد تا عیوبی که احیاناً حین حمل و نقل و نصب به وجود آمده است شناخته شود.
 - ارزیابی عملیاتی اولیه: نمونه ساخته شده در فرآیند مهندسی معکوس باید بر اساس اسناد فنی در دست مانند نقشه ها مورد آزمایش قرار گیرند تا حدود تطابق نمونه اصلی با اسناد مربوط مشخص گردد در صورتی که مغایرتی مشاهده شود تهیه و طراحی مجدد قطعه در اولویت است.

- دمونتاز: حین انجام عملیات دمونتاز نمونه ها، کلیه اطلاعات مناسب که هنگام اجرای فرآیند دمونتاز مفید و موثر خواهد بود جمع آوری می شود و برای هر یک از قطعات منفرد شناسنامه ای تهیه می شود تا این قطعات قابل کنترل باشند. نکته قابل توجه در اینجا این است که در بررسی ظاهری قطعات دمونتاز شده باید به علائم تجاری، نام سازنده، شماره محصول، کدهای درج شده بر روی محصول و امثال آن دقت شود و این موارد به تفکیک ثبت شود. در برخی از تجهیزات قبل از شستن و تمیز کردن قطعات باید از مواد آبنندی گریس ها و روغن هایی که در محل اتصال ها به کار برده شده است نمونه برداری شود.
- تهیه شناسنامه قطعات: بعد انجام فرآیند دمونتاز باید قطعات را به دقت مورد بررسی قرار داد تا منابع تامین قطعات اصلی مشخص شود. در این مرحله امکان دسترسی تجاری به قطعات استاندارد و قطعات غیر استاندارد معلوم می گردد. همچنین باید همه منابع تامین اجزا و قطعات غیر استاندارد تحلیل اقتصادی شود تا ساخت معکوس توجیه اقتصادی داشته باشد.
- مرحله سوم: آنالیز سخت افزاری تجهیز (مهمترین بخش مهندسی معکوس)
- آنالیز مواد: آنالیز شیمیایی و متالورژی، مطالعه لایه های سطحی، اندازه گیری خواص مکانیکی، بررسیهای ساختاری و عیوب آن و انجام تست های مخرب و غیر مخرب
- بررسی فرآیند ساخت: بررسی تنش های سطحی و ساختار میکروسکوپی و اندازه گیری بعضی از ویژگیهای غیر بحرانی مانند صافی سطح
- آنالیز ابعادی: اندازه گیری ابعادی، آنالیز تolerانس و آنالیز حساسیت
- آنالیز الکتریکی و الکترونیکی (در صورت نیاز): مشخصه های خروجی مدار، مسیر مدارها، مواد، روشهای زدودن پوشش ها، اتصالات مورد نیاز برای تولید (نتایج حاصل از این قسمت در نقشه های سطح دو ثبت و ترسیم می شوند)
- مرحله چهارم: بهبود محصول و آنالیز ارزش: اصلاح بخش های پرهزینه مثل عیوب طراحی، طراحی اضافی، عملکرد بهبود، محدودیت های بیش از حد در مورد تolerانس ها توسط مهندسی ارزش انجام می پذیرد.
- مرحله پنجم: برنامه ریزی فرآیند تولید و تهیه ملزومات تضمین کیفیت ایجاد نقشه های سطح سه برای تعیین ملزومات مورد نیاز واحدهای طراحی، مهندسی، ساخت و کنترل کیفیت.

هدف از این مرحله اطمینان کافی از صحت و دقت و کامل بودن نقشه ها و مشخصه های ایجاد شده توسط فرآیند

مهندسی معکوس می باشد

مرحله ششم: تهیه مستندات نهایی:

- تهیه چند نمونه اولیه از محصول
- بازرسی نمونه های اولیه به منظور اطمینان از کیفیت نمونه های تولید شده
- اضافه نمودن اطلاعات بدست آمده از بازرسی کیفی به بسته اطلاعات فنی
- تهیه بسته اطلاعات فنی نهایی کامل در ارتباط با محصول

موارد بکارگیری مهندسی معکوس در سیمان نهانند

در سیمان نهانند از روشهای مختلف مهندسی معکوس جهت قطعات یدکی فاقد اطلاعات ساختی مانند نقشه ساخت و سایر جزئیات حصول اقداماتی بشرح ذیل انجام شده است:

۱- روتاری ورودی به آسیاب مواد: این تجهیز در اثر تماس

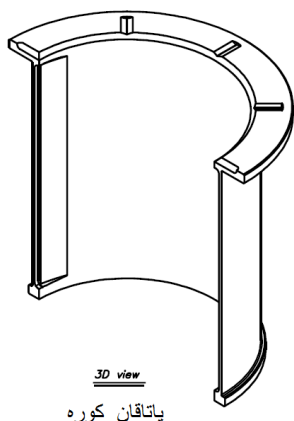


روتاری ورودی به آسیاب مواد خام

تیغه ها و بدنه روتاری با مواد معدنی دچار سایش می شد که با افزایش میزان سایش، از بازده عملکردی این تجهیز کاسته می شد. پس از هماهنگی با واحد های مربوطه، دمونتاز قطعات داخلی آن انجام شد و با کروکی برداری از تیغه ها و روپند آنها و اطلاعات کلی ارایه شده توسط شرکت سازنده نقشه ساخت

قطعات آن تهیه گردید. از جمله قطعاتی که آسیب دیده بود بدنه اصلی روتاری بود که با در نظر گرفتن این مطلب که جهت تعمیر قسمت های سایشی بدنه آن نیازی به دمونتاز کل تجهیز نباشد و در کمترین زمان ممکن بتوان قطعات سایشی آن را با تجهیزات موجود در داخل شرکت ساخت و جایگزین نمود. تغییرات لازم انجام شد و تجهیز بگونه ای طراحی و ساخته شد که موجب کاهش هزینه خرید و تعمیر تجهیز در بیرون از شرکت شد و همچنین زمان لازم جهت تعمیر مجدد و تعویض قسمت های سایشی آن به کمترین زمان ممکن کاهش یافت.

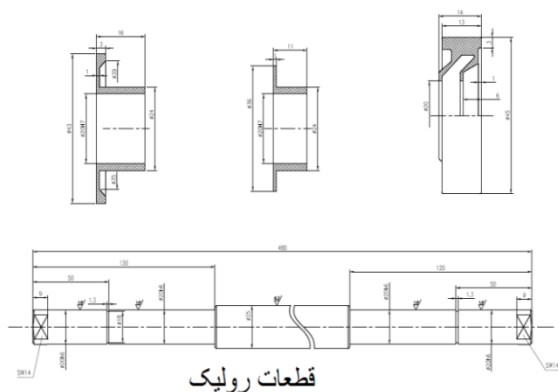
۲- یاتاقان های لغزشی کوره: با توجه به اینکه کوره شرکت سیمان نهاوند با



حداقل ۴ یاتاقان راه اندازی گردید و هیچ گونه یاتاقان یدکی تحویل این شرکت نشده است با هماهنگی های انجام شده با شرکت های مشابه ، اقدام به کروکی برداری و ساخت ۴ عدد یاتاقان لغزشی بعنوان قطعات یدکی گردید. با توجه به اینکه این قطعات جز موارد تحریمی بوده است با مهندسی معکوس آن ، بطور کامل بومی سازی شده است.

۳- رولیک نوار های انتقال مواد خام: این قطعات جهت حرکت روان نوار نقاله ها حامل مواد استفاده می شود.

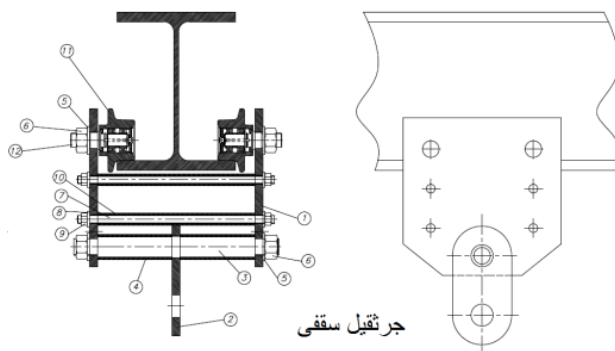
بدلیل شرایط کار در محیط دارای گرد و غبار و نفوذ این مواد به قسمت پکینگ ها و بیرینگ های رولیک ها ، این قطعات خراب شده و حرکت روان آنها مختل می شد که با دمونتاز و کروکی برداری از قطعات آنها و ایجاد تغییرات در قسمت آبنبدی و پکینگ آنها، امکان تعمیر این قطعات فراهم



گردید همچنین رولیک های تعمیری با عمری بیشتر از قبل ، به کار خود ادامه می دهند. این کار علاوه بر عدم نیاز به خرید رولیک جدید ، شرایط جهت تعمیر سایر رولیک های ضایعاتی را نیز فراهم نمود. همچنین باعث صرفه جویی هزینه زیادی در کوتاه مدت و بلند مدت گردیده است.

۴- جرثقیل های سقفی: جهت حمل قطعات مکانیکی در برخی نقاط از خط تولید از جرثقیل سقفی استفاده می شود.

با توجه به نیاز تعداد ۵ عدد از این جرثقیل ها ، به دمونتاز و مهندسی معکوس یکی از آنها ضمن تهیه نقشه ساخت آن به تعداد لازم از این تجهیز در شرکت ساخته و نصب شده است که موجب صرفه جویی در هزینه خرید این تجهیزات گردیده است.



۵- سایر قطعات سایشی و مصرفی خط تولید: قبل راه اندازی تجهیزات خط تولید سیمان نهاوند ، بخش عمده ای از

قطعات مصرفی تجهیزات که فاقد نقشه ساخت بودند ، مشخص شده و قبل از نصب در محل کروکی و ابعاد لازم از این قطعات جمع آوری شده و در قالب نقشه ساخت ، بصورت دسته بندی شده بایگانی شده است و تا کنون چندین بار از این قطعات سفارش ساخت شده است و مشکل خاصی در این مورد مشاهده نگردیده است.

پیشنهاد فنی پیرامون مهندسی معکوس در صنایع سیمان

در صنعت سیمان بیشتر تجهیزات خط تولید خریداری شده از کشور های اروپایی فاقد نقشه ساخت می باشند و شرکت فروشنده در برخی موارد قطعات یدکی تجهیز را در قالب لیست قطعات یدکی به همراه خود قطعات را به فروشنده تحویل می دهد در این زمان لازم است که کار مهندسی معکوس روی قطعات فاقد مشخصه فنی انجام شده و پس از تکمیل اطلاعات فنی تجهیز (در صورت امکان از نظر زمانی) جهت استفاده و نصب بکار رود. کاملاً واضح است در صورت خرابی تجهیزات خط تولید ، جدای مشکلات توقف تولید و هزینه های آن، قطعه معیوب معمولاً از نظر هندسه ابعادی و خواص متریالی دچار تغییراتی شده است و چون اطلاعات کاملی از تجهیز در دست نیست ممکن است پس از ساخت قطعه بر اساس قطعه معیوب مشکلاتی جهت نصب و کارکرد تجهیز بوجود آید که این هزینه ها نیز به هزینه توقف تولید اضافه می گردد. بنابر این بهتر است از قطعات سالم اطلاعات فنی تهیه گردد.

نتیجه گیری: در صنعت سیمان بدلیل پیوسته بودن فرآیند تولید، تجهیزات خط تولید (برقی ، مکانیکی و...) بعضاً

بصورت مداوم در حال کار می باشند که این موضوع موجب مستهلک شدن قطعات و خرابی های ناخواسته می گردد. در صورت خرابی تجهیز و عدم جایگزینی قطعه سالم در آن ، مطمئناً امکان تولید مداوم محصول وجود نخواهد داشت . در چنین شرایطی گاهی بخاطر قطعات ساده و حتی استاندارد، خط تولید محصول متوقف می گردد که این امر موجب افزایش هزینه تولید در کوتاه مدت و بلند مدت می شود. مهندسی معکوس نقش اساسی و مهمی در تمامی صنایع ایفا می کند و در صنعت سیمان نیز بدلیل تولید پیوسته دارای اهمیت فراوان می باشد.

منابع:

- مهندسی معکوس راهی برای احاطه بر مبنای طراحی (مجله پیام ایران خودرو)
- مهندسی معکوس روشی برای تولید محصولات جدید (ثریا پاک نظر)
- سایت اینترنتی پایگاه دانش مدیریت پروژه ایران

تهیه کننده: مهندس مصطفی جاویدمنش - کارشناس طراحی و ساخت شرکت سیمان نهاوند