

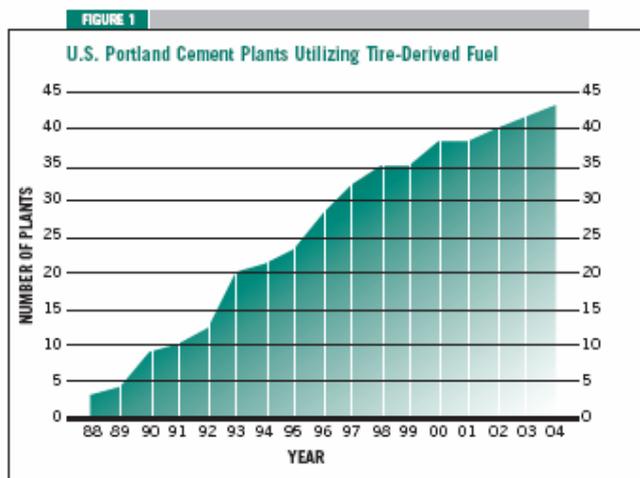
استفاده از تاپرهای مستعمل به عنوان سوخت جایگزین
طاهره رحیمی، سیمان تهران

خلاصه

جایگزینی تاپرها به جای سوختها فسیلی در کوره‌های سیمان با در نظر گرفتن استانداردهای سیستم پخت در صنعت سیمان و حفظ کیفیت محصول نهایی به عنوان یک منبع پیشنهادی انرژی قابل قبول می‌باشد. از مزایایی استفاده از تاپرها بعنوان سوخت جایگزین می‌توان ذخیره انرژی، حفظ ذخایر منابع معدنی (ذخیر آهن) و کمک به قوانین زیست محیطی اشاره نمود. تعداد تاپرهای لازم جهت جایگزینی ۱۰ درصد سوخت با در نظر گرفتن ارزش حرارتی هر کیلوگرم تاپر معادل 8334 KCal/kg برابر 1517588 تاپر در سال می‌باشد. مورد توجه واقع شده است کلمات کلیدی: سوختهای ضایعاتی، تاپرهای مستعمل، صنعت سیمان

۱- مقدمه

استفاده از تاپرهای مستعمل بعنوان سوخت در صنعت سیمان به دلیل منافع اقتصادی و زیست محیطی آن سالیانی است که مورد توجه واقع شده است، امروزه سوزاندن تاپرهای فرسوده در کوره‌های سیمان به یک روش متداول تبدیل شده است. در سال ۲۰۰۱، حدود ۲۴٪ از کل انرژی حرارتی لازم در کارخانه‌های سیمان اروپا از TDF بدست آمد که معادل $7/95 \text{ trillion Btu}$ (تقریباً معادل ۲۷۰ میلیون عدد تاپر) می‌باشد [۱]. این مقدار معادل ۱۳ میلیون بشکه نفت خام است. نمودار شکل ۱ روند استفاده از تاپرهای مستعمل به عنوان سوخت در صنعت سیمان آمریکا را نشان می‌دهد.



شکل ۱: روند استفاده از تایرهای مستعمل به عنوان سوخت در صنعت سیمان آمریکا [۱]

تایرها تشکیل شده اند از مواد مصنوعی و کائوچوی طبیعی، منسوجات، آهن، دوده کربن و ترکیبات آروماتیک نفتی و سایر افزودنیهای شیمیایی که در دمای بالا در جریان تولید ولکانیزه شده اند. در نتیجه مقدار زیادی انرژی برای شکست پیوندهای آنها لازم است. اجزاء تشکیل دهنده تایرها و آنالیز شیمیایی آن به طور نمونه در جدول ۱ درج گردیده است [۲]. در جدول ۲ نیز ارزش حرارتی تایرهای و مقایسه آن با مشتقات نفتی آنها درج گردیده است [۳].

جدول ۱: ویژگی‌های تایرهای مستعمل و لاستیک آنها [۲]

ترکیبات	تایر مستعمل	لاستیک
C	79.6	87.0
H	7.0	7.82
N	0.43	0.33
S	1.54	0.80
O [@]	5.0	1.18
Cl	0.063	
P(P ₂ O ₅ in ash)	0.015	
Na(Na ₂ O in ahe)	0.04	0.9
K(K ₂ O in ash)	0.038	1.1
Ca(CaO in ash)	0.53	8.7
Fe(Fe ₂ O ₃ in ash)	0.36	1.7
Al(Al ₂ O ₃ in ash)	0.11	16.6
Si(SiO ₂ in ash)	0.94	27.8
Mg(MgO in ash)	-	1.2
Ni(NiO in ash)	0.018	0.006 5
Hg(mg/Kg)	<0.1	
Pb(pbo in ash)	0.004	
Zn(ZnO in ash)	1.43	56.6
Mn(MnO in ash)	-	0.021
V(V ₂ O ₅ in ash)	-	0.004 3
As(mg/kg)	0.7	
Cr(Cr ₂ O ₃ in ash)	0.034	0.000 8
Cd(mg/kg)	8	
Co(CoO in ash)	-	0.495
Ash	6.35	2.20
Volatile	69.4	66.6
c-fix	30.6	31.1
H ₂ O(WT%)	0.66	0.73
LHV(Mj/kg)	35.5	35.6
HHV Mj/kg		37.3

جدول ۲: ارزش حرارتی تایرها در مقایسه با مشتقات نفتی [۳]

مشتقات نفت خام		
ارزش حرارتی (BTU)	هر بشکه (معادل ۴۲ گالن)	هر گالن (هر گالن ۳/۷۸۵۳ لیتر)
مازوت	۵/۸۰۰/۰۰۰	۱۳۸/۰۰۰
گازوئیل	۵/۲۴۸/۰۰۰	۱۲۵/۰۰۰
گاز مایع	۴/۰۱۱/۰۰۰	۹۵/۵۰۰
تایرها		
ارزش حرارتی (BTU)	هر پوند تایر	هر تایر (معادل ۲۰ پوند)
تایر	۱۴/۵۰۰	۲۹۰/۰۰۰
ارزش حرارتی تایرها نسبت به مشتقات نفتی		
ارزش حرارتی هر یک تایر کامل خودرو (با وزن تقریبی ۲۰ پوند)	معادل	۲/۱۰ گالن مازوت ۲/۳۲ گالن گازوئیل ۳/۰۴ گالن گاز مایع
ارزش حرارتی هر تایر وسایل نقلیه سنگین (TRUCK)	معادل	۱۰/۵۱ گالن مازوت ۱۱/۶۰ گالن گازوئیل ۱۵/۱۸ گالن گاز مایع
BTU/ib KCal/Kg	معادل	0.5556KCal/kg 4184j/Kg
ارزش حرارتی هر کیلوگرم تایر با در نظر گرفتن هر پوند (۱۴۵۰۰ BTU)	معادل	۸۰۵۶/۲ KCal/kg ۳۳/۷mj/kg

از مزایای دیگر استفاده از تایرها بعنوان سوخت در کوره‌های سیمان، وجود ترکیبات آهنی موجود در ساختار آنها است. هر تایر ماشین یا تراکتور شامل یک و نیم تا ۲ پوند آهن می باشد (ASTM 1070) [۴]. آهن موجود در تایرها می تواند جایگزین بخشی از آهن لازم مورد استفاده در مواد خام سیمان گردد. این موضوع از مزایای مهم استفاده از تایرها می باشد که باعث کاهش بهای سیمان تولیدی خواهد شد.

۱-۱- تغذیه تایرها به سیستم پخت

بهترین مکان تغذیه تایرها به عنوان سوخت جایگزین بسته به نوع تایر مصرفی کامل یا خرد شده و با در نظر گرفتن شرایط بهینه پخت و افزایش میزان بهره وری و کاهش اثرات منفی متفاوت می باشد. تایرها را به سه شکل می توان به عنوان سوخت در صنعت سیمان استفاده نمود

۱- تایرهای کامل

۲- تایرهای خرد شده

۳- تایرهای پودر شده (۲ اینچ)

بسته به نوع تایر مصرفی سیستم ذخیره، انتقال و خوراک دهی تایرها به کوره های سیمان متفاوت می باشد. به طور کلی تغذیه سوخت تایرها از سه منطقه ذیل انجام می شود [۵].

۱- میانه کوره (بیشتر در روش تر) - ۲- پرکلساینر ۳ - مشعل

۱-۱-۱- روشهای خوراک دهی تایرها کامل به درون کوره

خوراک دهی تایرهای کامل به سیستم پخت هم از پرکلساینر و هم از طریق میانه کوره امکان پذیر می باشد، در شکل

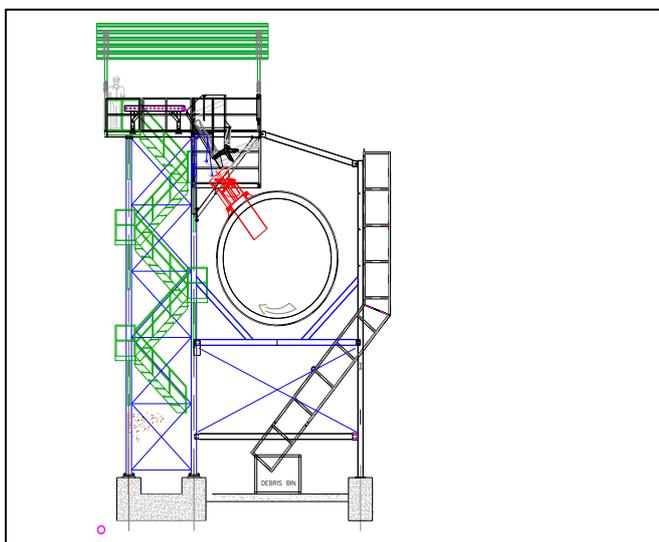
تجهیزات لازم جهت استفاده از این روش عبارتند از

- سیستم انتقال دهنده تایرها به محل مناسب جهت تغذیه به کوره
- آسانسور
- کانال تغذیه کننده
- دریچه نصب شده بر بدنه کوره

انتقال تایرها بر روی نوار نقاله تغذیه کننده به دو صورت دستی و اتوماتیک ممکن است انجام شود. تایرها حمل شده به کارخانه سیمان با استفاده از جرثقیل هیدرولیک بر روی نوار نقاله قرار گرفته و به طور اتوماتیک به سمت محل خوراک دهی حمل می شوند. سیستم انتقال دهنده تایرها شامل

یک آسانسور بالا برنده تا اوج کوره می‌باشد. تایرها به وسیله این آسانسور به یک نوار نقاله منتقل می‌شوند. نوار نقاله حاوی یک دستگاه کنترل وزنی است که ۴ تا ۲۰ میلی آمپر سیگنال به کامپیوتر کنترل کننده کوره می‌فرستد. کامپیوتر سرعت آسانسور را برای کاهش یا افزایش میزان خوراک دهی تایرها به کوره کنترل می‌نماید [۴] .

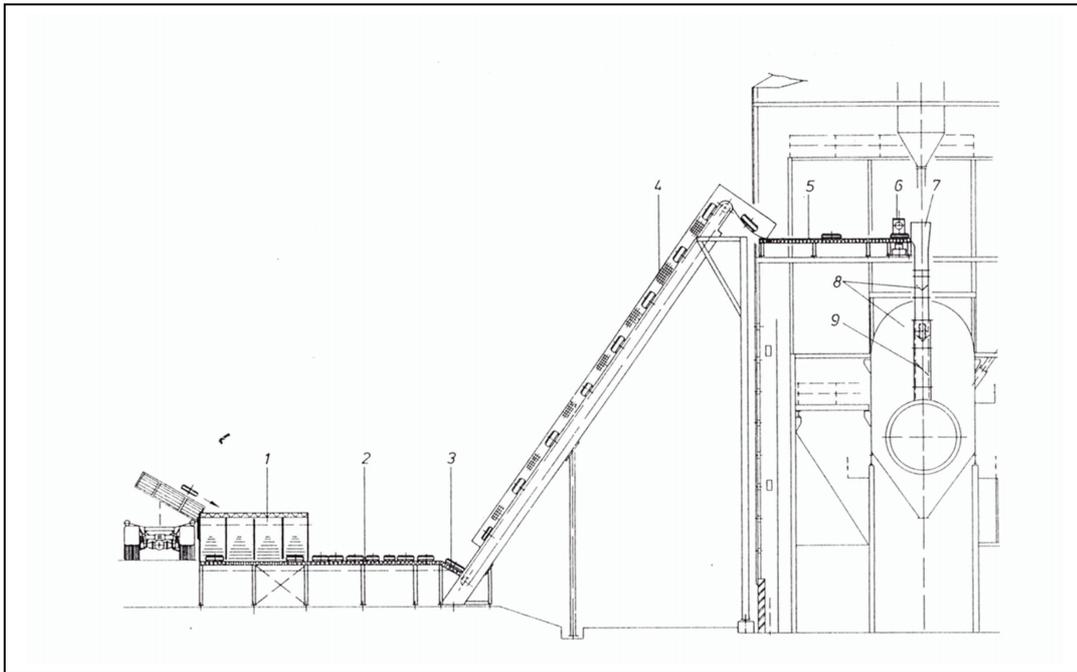
قسمت کوتاهی از نوار نقاله دارای چشم الکتریکی است. زمانیکه چشم الکتریکی روشن می‌شود، ابتدا دریچه اول باز شده و بعد از بسته شدن دریچه اول، دریچه دوم باز خواهد شد. در این حالت تایرهای کامل وارد اتاقک تغذیه می‌شوند. شیب اتاقک تغذیه مانع از برگشتن تایرها شده و آنها از این طریق به کوره وارد می‌شوند(طراحی این سیستم بدلیل حفظ فشار منفی درون کوره می باشد میزان تولید کلینکر در صورت استفاده از تایرها کامل در پیش گرمکن به علت افزایش درصد کلسیناسیون مواد ورودی به کوره، افزایش می یابد [۱]).



شکل ۱: نمای از خوراک دهی تایرها از میانه کوره



شکل ۲: دریچه ورودی تایرها در رایزر داکت



شکل ۳: نمایی از سیستم ذخیره سازی و تغذیه تایر به سیستم پخت سیمان مطابق با طرح

Walter

- ۱- هوپر زیرین تخلیه
- ۲- جرثقیل تک ریلی با چنگک چند گیره‌ای
- ۳- قیف فولادی
- کنترل
- ۴- غلطک استوانه‌ای
- ۵- سکوی تخلیه بر روی نوار نقاله
- ۶- تسمه نوار نقاله
- ۷- توزین کننده
- ۸- لایه‌های نوار نقاله
- ۹ و ۱۱- دریچه
- ۱۲- سکوی
- ۱۳- کانال انتقال

تحقیقات انجام شده توسط USEPA نشان داد که مقدار انتشار NO_x با استفاده از TDF به عنوان سوخت از طریق پرکلساینر و یا پیش گرمکن بیش از ۳۰٪ کاهش می‌یابد. این در حالی است که تحقیقات مزبور نشان می‌دهد که اگر ورودی TDF از طریق میانه کوره باشد، میزان انتشار NO_x ۳۳ تا ۴۰ درصد برای کوره‌های بلند تر و خشک کاهش خواهد یافت. عامل اصلی این پدیده به ایجاد محیط احیاء در مقابل منطقه پخت و تبدیل NO_x (با فرآیند احیاء) می‌باشد [۱] .

۱-۱-۲- استفاده از تایرهای خرد شده در پری کلساینر

در این روش تایرهای خرد شده از طریق رایزر داکت به منطقه بین سیکلون چهارم پیش گرمکن و انتهای کوره وارد می‌شوند. استفاده از تایرهای خرد شده با ابعاد کوچکتر از ۳۰۰ میلیمتر در کوره‌های مجهز به پیش گرمکن سیکلونی رایج نمی‌باشد. زیرا در این سیستم استفاده از تایرهای کامل هزینه کمتری دارد. با استفاده از این روش امکان جایگزینی ۱۰ تا ۱۵ درصد تایرها به جای سوخته‌های فسیلی وجود دارد.

در یک مورد درصد کلسیناسیون وقتی تنها از ذغال سنگ استفاده می‌شد، ۴۵ درصد بود که با استفاده از سوزاندن تایرهای مستعمل به‌روش فوق به ۵۶٪ افزایش یافته است [۶] .

۱-۱-۳- استفاده از تایرها پودر به عنوان سوخت جایگزین

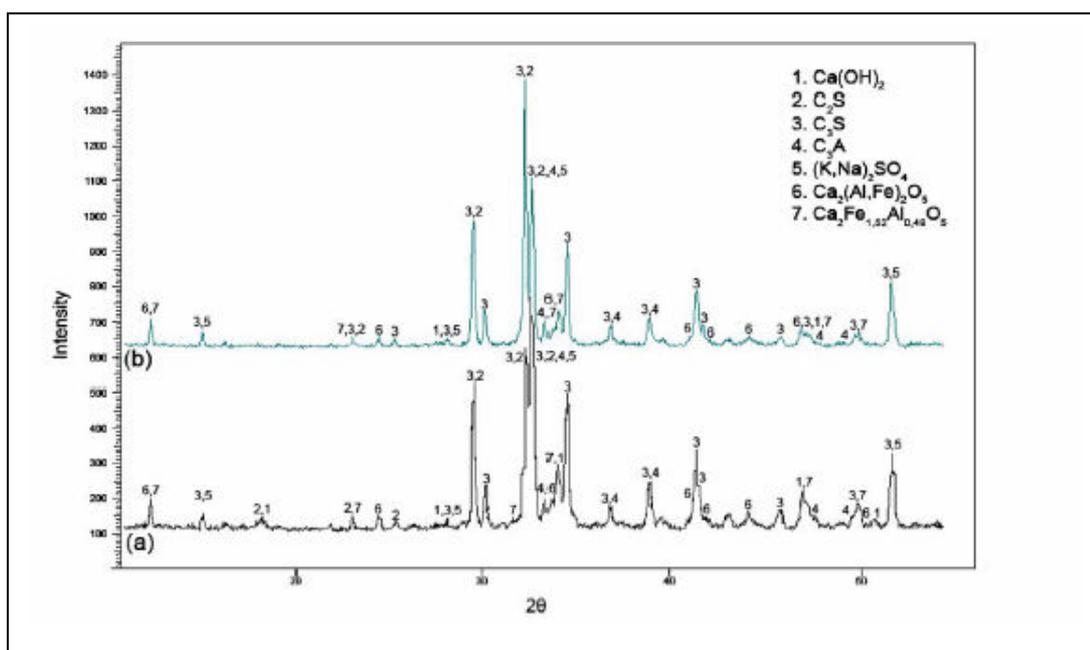
در این روش تایرهای پودر شده به وسیله فشار هوا^۱ به درون کوره وارد می‌شوند. تخمین زده شده است که تکه‌های تایر با استفاده از این روش ۲۵ تا ۳۰ فوت در درون کوره پرتاب می‌شوند. بررسی

ها نشان داد که هیچ قطعه‌ای از فلز و آهن در خنک‌کن کلینکر باقی نمی‌ماند. با استفاده از این روش منطقه پخت کلینکر و اندازه فازهای آلایت کوچکتر می‌شود و کریستالهای کلینکر بهتر تشکیل می‌شوند. مشخصه مهم دیگر این است که مقدار آهک آزاد ثابت باقی می‌ماند که این امر بعلت کوتاه شدن منطقه پخت کلینکر، بالا بودن مقدار انرژی و فراریت بالای سوخت TDF است. مزیت این روش استفاده از تاپرهای مستعمل به همراه سایر سوخته‌های جایگزین می‌باشد [۴]

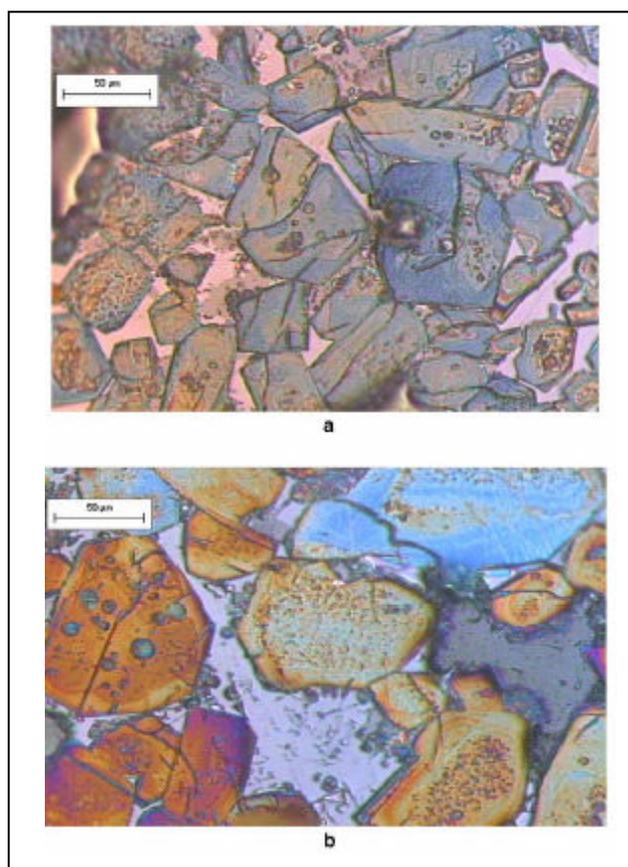
۱-۲- کیفیت محصول:

مهمترین شرط لازم برای استفاده از تاپرهای مستعمل به عنوان سوخت جایگزین، عدم تاثیر این نوع سوخت بر کیفیت سیمان تولیدی می‌باشد. نتایج حاصل از مقایسه آنالیز XRD و بررسی میکروسکوپی کلینکر حاصل از استفاده از سوخت ذغال سنگ و جایگزینی ۶٪ تاپر مستعمل نشان داده است که مقدار کمی از کریستالهای آلایت در مرحله خنک‌سازی تجزیه می‌شوند و فاز بلیت حاصل ریز تر بوده و توزیع فاز مایع یکنواخت تر از زمانی است که تنها از سوخت فسیلی استفاده می‌شود. در شکل ۴ و ۵ آنالیز XRD و بررسی میکروسکوپی دو نوع کلینکر نشان داده شده است.

شکل ۴: XRD کلینکر a بدون استفاده از TDF و b با استفاده از TDF



شکل ۵: بررسی میکروسکوپی کلینکر a بدون استفاده از TDF و b با استفاده از TDF



مقایسه مقاومت فشاری سیمان نوع I (۵۲۵) حاصل از هر دو نوع سوخت در جدول ۳ آورده شده است [۷].

جدول ۳: مقایسه مقاومت فشاری سیمان تیپ یک ۵۲۵ حاصل از هر دو نوع سوخت FF و TDF

بر حسب

استاندارد EN196-1

خواص سیمان	بدون استفاده از TDF	با استفاد از TDF
ترکیبات	۹۵/۵ کلینکر ۴/۵ گچ	۹۶/۵ کلینکر ۳/۵ گچ
بلین	۳۸۶۰	۳۶۸۰
زمان گیرش اولیه min	۱۸۰	۲۲۰
زمان گیرش نهایی min	۱۱۵	۱۷۰
درصد آب	۲۵/۶	۲۷/۴
	مقاومت فشاری (MPa)	
۱ روزه	۲۰	۱۷/۵
۲ روزه	۲۹/۶	۳۰/۴
۷ روزه	۴۳	۴۶/۷
۲۸ روزه	۶۲	۶۲/۳

همچنین مقایسه قابلیت خردایش سیمان تیپ I، کارخانه Wanger در دو مرحله قبل و بعد از استفاده از تایرهای مستعمل نشان داد که میزان تولید کارخانه Wanger از ۲۰۰۰ به ۲۱۴۰ تن در روز افزایش یافته. همچنین میزان بلین به معادل $3860 \text{ cm}^2/\text{gr}$ رسید که در مقایسه با میانگین ماه قبل ($3640 \text{ cm}^2/\text{gr}$) افزایش یافته است. همچنین میزان گذر از الک ۳۲۵ مش از ۹۴/۶٪ به

۹۶/۹٪ در مدت ۳۰ روز افزایش یافته است. TDF تقریباً حاوی ۱/۵٪ روی است مقدار کل روی

در سوخت نباید بیش از ۴/۰۰۰ قسمت در میلیون (ppm) باشد. وجود روی بیش از این مقدار باعث افزایش زمان گیرش سیمان می‌شود. بنابراین آنالیز سوخت برای اینکه درصد روی در همین محدوده قابل قبول باقی بماند، امری ضروری است [۴]. بطور کلی در استفاده از تایر، ساختار بلور کلینکر و ظاهر کلینکر بهبود می‌یافته و اندازه دانه‌های کلینکر کوچکتر می‌شود.

۱-۳- انتشارات ثانویه

تجربیات حاصل در واحدهایی که از تایرهای مستعمل بعنوان سوخت استفاده کرده‌اند نشان داده است که زمان اقامت طولانی و دمای بالا در کوره‌های سیمان شرایط مناسبی را برای سوختن کامل تایرهای مستعمل ایجاد می‌نماید ترکیبات تایرهای مستعمل بطور کامل تخریب می‌شود و یا اینکه بوسیله تجهیزات کنترل آلودگی گازهای خروجی (فیلترها) جذب می‌شوند و هیچ خاکستری از سوختن تایرها باقی نمی‌ماند [۸].

ترکیبات حاصل از سوختن تایرها که در فازهای کلینکر وارد می‌شوند، توسط شستشو خارج نمی‌شوند. مانند اینکه با شستشوی شیشه، سیلیس آن خارج نمی‌شود. چرا که این ترکیبات وارد شبکه کریستالی فازهای سیمانی می‌شود و مشکلی نخواهد داشت. استفاده از تایرها به عنوان سوخت در تولید سیمان بطور ۱۰۰ درصد با شرایط زیست محیطی تناسب دارد [۴].

گزارشات EPA حاوی آزمایشاتی است که بطور همه جانبه به بررسی گازها منتشر شده از TDF پرداخته است تمایل CEMEX برای ارزیابی و بررسی استفاده از تایرها به عنوان سوخت در سال ۲۰۰۲ منجر به انجام آزمایشات وسیعی در رابطه با گازهای حاصل از سوخت تایرها در کارخانه‌ها سیمان شد. و مقایسه نتایج آنالیز گازهای حاصل از استفاده سوخت فسیلی (گاز و ذغال سنگ) به تنهایی و جایگزینی ۱۹٪ تایر مستعمل در کارخانه Lyon مشخص کرد که تغییر چندانی در گازهای حاصل از سوختن تایرها مشاهده نمی‌شود. جهت انجام آزمایشات ۶ نمونه گیری در طی سه روز در زمان استفاده از سوخت‌های فسیلی به تنهایی و در زمان جایگزینی تایرهای مستعمل از گازهای خروجی دودکش انجام شد و انتشارات ویژه هالیدها، آلدئیدها و کتونها و دی اکسین و فوران و فلزات و ترکیبات فرار آلی (VOCs) و پلی کلرینات بی فنیل و پلی سیسیلک آروماتیک هیدروکربن و دی اکسید کربن و دی اکسید گوگرد و منوکسید کربن و دی اکسید نیتروژن مقایسه گردید. نتایج

حاصل نشان داده میزان انتشار ترکیبات آلی حاصل از جایگزینی تایرهای مستعمل بیش از سوخته‌های فسیلی می باشد و البته این مقدار کمتر از حد مجاز است.

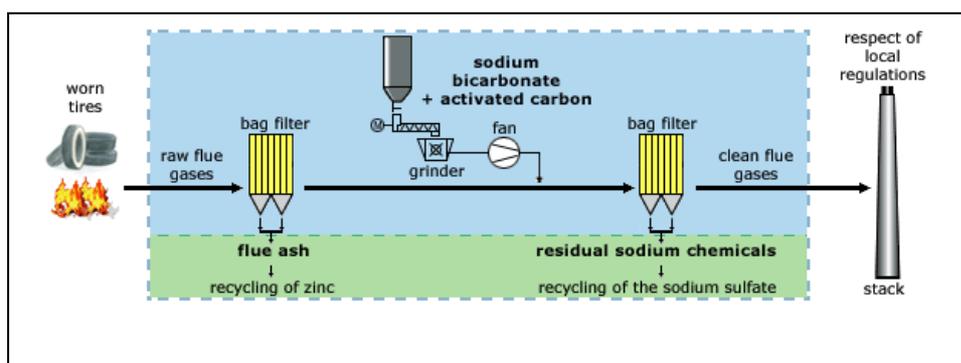
انتشار فلزات در نتیجه استفاده از تایرها به جزء میزان CO (۷۴٪) و Ag (۲۵٪-) به طور میانگین ۱۶۵-۸ افزایش می یابد. هر چند درصد انتشار فلزات ممکن است بیشتر باشد اما تفاوت اختلاف بسیار کم است و این تفاوت در مقدار فقط چند پوند در سال است. برای مثال ماکزیمم افزایش انتشار روی ۱۸ پوند در سال می باشد و مجموع سالانه برای تمام فلزها حاصل از استفاده سوزاندن تایرها کمتر از ۱۰۰ پوند می باشد. میزان سرب منتشر شده از هر دو نوع سوخت فسیلی و جایگزینی تایر مستعمل بسیار کم می باشد. این میزان برای سوخت های فسیلی FFth ۱/۱۰۰۰ و برای TDFth ۱/۶۰۰ که کمتر از حد مجاز می باشد. نتایج حاصل از آنالیز گازهای منتشره در جدول ۴ آورده شده است.

جدول ۴: مقایسه بین میزان مواد منتشره حاصل از استفاده دو نوع سوخت FF و TDF

نوع سوخت/انتشارات	TDF	FF
NO _x (ppm)	۵۱۷/۷	۳۹۱/۲
SO _x (ppm)	۲۶/۲	۱۵/۷
CO(ppm)	۵۰/۳	۱۲۰/۲
HCl(1b/hr)	۰/۶۶	۰/۶۳
Lead(1b/hr)	۰/۰۰۱۱	۰/۰۰۱۹

تحقیقات انجام شده نشان داده است از سدیم بی کربنات می توان بعنوان عامل کاهش دهنده میزان دی اکسید گوگرد حاصل از دودکش کوره های سیمان استفاده نمود و با استفاده از آن میزان گاز دی اکسید گوگرد از ۱۸۰۰-۱۳۰۰ mg/Nm² به ۵۰ mg/Nm² کاهش می یابد [۹].

شکل ۶: استفاده از سدیم بی کربنات بعنوان عامل کاهش دهنده دی اکسید گوگرد



۱-۴- ارزیابی اقتصادی استفاده از تایر مستعمل

در سوزاندن تایرهای مستعمل نیازی به کنترل آلودگی جدید نمی‌باشد و هزینه‌های مربوط به اینکار عمدتاً به محل ذخیره‌سازی و سیستم تغذیه برمی‌گردد. دوره برگشت سرمایه تأسیسات مربوط به آن که ناشی از صرفه‌جویی در کاهش مصرف سوخته‌های معمول است، در حدود ۱۸ ماه ذکر شده است. هرچند این زمان بستگی زیادی به مقدار و درصد استفاده از تایرهای مستعمل دارد. عمده هزینه سرمایه‌گذاری استفاده از تایرها مستعمل مربوط به سیستم تغذیه‌کننده تایر می‌باشد که حدود ۲۰۰۰۰۰ تا ۵۰۰۰۰۰ دلار ارزیابی گردیده است. از لحاظ پرسنل مورد نیاز، بستگی به نوع فرآیند بکارگرفته شده بسیار متفاوت می‌باشد. در سیستمهای تغذیه اتوماتیک و پیشرفته، تنها با یک نفر اپراتور (یا حتی بدون آن) کار تغذیه صورت می‌گیرد. در سیستم‌های غیر اتوماتیک حداکثر نیرویی که برای راهبری این سیستم در نظر گرفته می‌شود، بین ۴ تا ۵ نفر است.

۲- شرح مقاله و روش تحقیق

در تحقیق انجام شده امکان استفاده از تایر مستعمل بعنوان سوخت جایگزین در واحد ۴۰۰۰ تنی سیمان تهران مورد بررسی قرار گرفت ابعاد مناسب ریزرداکت و امکان تغذیه آسان تایر حتی بصورت کامل از ویژگیهای مناسب جهت تغذیه تایر به کوره واحد ۴۰۰۰ تنی سیمان تهران می‌باشد. به منظور تحلیل هزینه فایده در پروژه استفاده از تایرهای مستعمل در صنعت واحد ۴۰۰۰ تنی سیمان ابتدا منافع حاصل بکارگیری از این نوع سوخت به عنوان سوخت جایگزین مورد بررسی قرار گرفته و سپس ارقام هزینه ای این پروژه بررسی باید شود.

فرآیند ارزیابی اقتصادی پروژه استفاده از تایرها به عنوان سوخت جایگزین در صنعت سیمان عبارتست از مقایسه هزینه‌های مربوط به استفاده از سوخته‌های مازوت، گاز و جایگزین نمودن ۱۰ درصد تایر بجای سوخت اصلی مورد استفاده و سپس برآورد هزینه‌های مربوط به تجهیزات لازم جهت نصب و راه اندازی سیستمهای خوراک دهی تایرها به عنوان سوخت جایگزین و محاسبه زمان برگشت هزینه مربوط به این پروژه می‌باشد.

مرحله ۱- برآورد فایده حاصل از جایگزین نمودن ۱۰ درصد تایر به جای مازوت برای ۳۰۰ روز

کاری

مرحله ۲- برآورد فایده حاصل از جایگزین نمودن ۱۰ درصد تایر به جای گاز برای ۳۰۰ روز کاری

مرحله ۳- برآورد هزینه های مربوط به تجهیزات لازم جهت نصب و راه اندازی سیستم استفاده از تیرهای مستعمل

مرحله ۴- تحلیل هزینه فایده حاصل از جایگزینی

مرحله ۵- برآورد تعداد تیرهای مورد نیاز جهت جایگزینی ۱۰ درصد از سوخت

با توجه به مقدار انرژی مورد نیاز در طول ۳۰۰ روز کاری برای تولید واحد ۶ سیمان تهران (۴۰۰۰ تنی) و جایگزین نمودن ۱۰ درصد تیر به عنوان سوخت کمکی (با قیمت صفر) به جای گاز فایده حاصل معادل ۱۷۵۵۷۱۱۳۳۰ ریال خواهد شد. و با توجه به مقدار کیلو کالری مورد نیاز در طول ۳۰۰ روز کاری برای تولید واحد ۶ سیمان تهران (۴۰۰۰ تنی) و جایگزین نمودن ۱۰ درصد تیر به عنوان سوخت کمکی (با قیمت صفر) به جای مازوت فایده حاصل معادل ۱۳۸۵۲۴۹۰۲۰ ریال خواهد شد. ضمناً طبق برآوردهای انجام شده توسط وزارت نفت جایگزینی هر متر مکعب مازوت ۱۰۰ تومان درآمد صادراتی در پی دارد. با احتساب این رقم فایده حاصل از جایگزینی تیرهای مستعمل با مازوت رقم بسیار بیشتری خواهد گردید. با این حال، جهت محاسبات برگشت سرمایه قیمت‌های معمول داخلی را در نظر گرفته شد. همچنین تعداد تیرهای لازم جهت جایگزینی ۱۰ درصد سوخت محاسبه گردید که نتایج آن در جدول ۵ آورده شده است.

جدول ۵: برآورد تعداد تیرهای مورد نیاز جهت جایگزینی ۱۰ درصد از سوخت

متوسط وزن هر تیر	۹/۰۸ Kg
ارزش حرارتی هر کیلوگرم تیر ^۱	۸۳۳۴KCal/Kg
مقدار انرژی مورد نیاز حاصل از تیر	$۱/۱۴۸۴ \times 10^{11}$ Kcal/y
وزن تیر مورد نیاز برای تامین ۱۰ درصد از انرژی مورد نیاز در ۳۰۰ روز کاری	۱۳۷۷۹۶۸ Kg
ارزش حرارتی هر تیر	۷۵۶۷۳KCal/Kg
تعداد تیر در سال	۱۵۱۷۵۸۸ tire

۳- نتیجه گیری:

استفاده از تایرهای مستعمل بعنوان سوخت در صنعت سیمان به دلیل منافع اقتصادی و زیست محیطی آن سالیانی است که مورد توجه واقع شده است. ارزش حرارتی بالا تایرها، رطوبت کم و عدم تاثیر بر گازهای منتشره از کوره های سیمان و کیفیت کلینکر از مزایای استفاده بیشتر، این نوع سوخت جایگزین نسبت به سایر ضایعات می باشد

در سوزاندن تایرهای مستعمل نیازی به کنترل آلودگی جدید نمی باشد چرا که ویژگیهای کوره های پخت صنعت سیمان سبب جلوگیری از انتشار آلودگی در حد قابل توجهی می گردد. و هزینه های مربوط به استفاده از تایرهای مستعمل در کوره های سیمان عمدتاً مربوط به ذخیره سازی و سیستم تغذیه، آن می باشد. خاکستر ناشی از سوختن تایرهای فرسوده بر کیفیت سیمان اثر مثبتی دارد.

به طور کلی استفاده از تایرها دارای مزایای ذیل می باشد

۱- حفظ ذخایر ملی انرژی

۲- حفظ ذخایر منابع معدنی (ذخیر آهن)

۳- کمک به قوانین زیست محیطی

- کاهش حجم تایرهای زائد

- کاهش آلوده کننده آب

مراجع:

Tire-Derived fuel ,Portland association PCA. April 2005

[۱] www.google.com

www.americancement.com Scrap Tires fuel U.S. Cement industry

[۲]

FUEL COSTS, source: JUNIPER ANALYSIS. www.google.com

[۳]

The use of scrap tire in rotary cement kiln.1992 www.google.com

[۴]

RUBBER manufacturers association ,Tire-Petroleum energy

۵] www.rma.org comarsion

handling, feeding the tyres individually.

R.Jaschke, stolberg. Old motor tyres as an alternative
fuel : bunkering automatic.

ZKG 1983/vol4.pp:198.

γ] pilikaki a, M. Katsioti a,*, D. Papageorgiou b, D. Fragoulis b, E.
Chaniotakis b. Use of tire
derived fuel in clinker burning. Cement & Concrete Composites 27
(2005) 843–847

[8] Human Health Evaluation of Cement Kiln Emissions, From Coal
Supplemented with Natural Gas. and Coal Supplemented with
Tires
CEMEX, Inc. Cement Plant, Lyons, Colorado. J. Scott Klingensmith,
Ph.D., D.A.B.T.
March 21, 2003.

[9] respect of local regulations stack cement. www.google.com