

عنوان همایش:

«اهمیت استراتژیک مواد اولیه و نهاده های فولاد»

ارائه دهنده : محمدرضا پویامهر

دکتری مهندسی متالورژی و مواد پیشرفته با گرایش نسوز

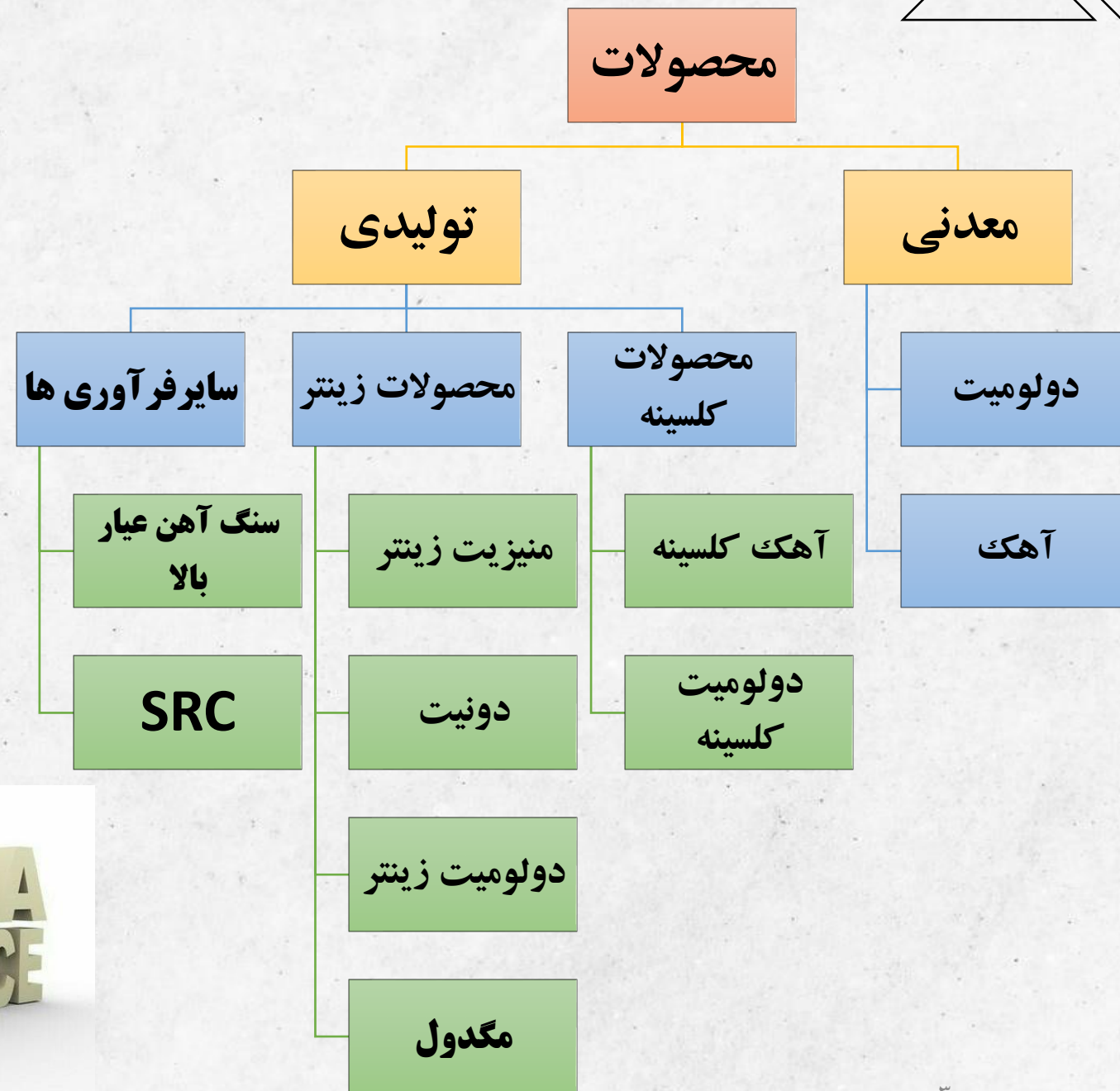
عضو هیئت مدیره شرکت آذر سپید سپاهان

۱۴۰۴/۰۶/۱۳

هدف (محور گفتگو)

کمک به توسعه پایدار فولاد در ایران با تکیه بر منابع داخلی،
نوآوری در مواد اولیه و کاهش هزینه های تولید می باشد.







سنگ دولومیت



سنگ آهک

۱. آهک

۲. دولومیت

محصولات معدنی

هر دو ماده (آهک خام و دولومیت خام) به عنوان گدازآورهای بازی در صنعت فولاد استفاده می شوند تا ناخالصی ها را حذف کنند، سرباره تشکیل دهند و از تجهیزات کوره محافظت کنند. انتخاب و نسبت استفاده از آنها بر اساس شرایط فرآیند و ترکیب شیمیایی فولاد تعیین میشود.

۱. آهک خام

کاربرد آهک خام

الف) آهک خام در صنایع فولاد



ب) آهک خام در صنعت کاغذ



الف) آهک خام در صنایع فولاد

آهک خام (اکسید کلسیم) یکی از مهمترین مواد اولیه در کوره های ذوب فولاد (مانند کوره قوس الکتریکی EAF، کنورتور اکسیژنی BOF و غیره) است. کاربردهای اصلی آن عبارتند از:

✓ حذف ناخالصی ها (سرباره سازی):

آهک به عنوان یک عامل قلیایی، با ناخالصیهای اسیدی موجود در فلز مذاب (مانند سیلیس (SiO_2)، فسفر (P_2O_5) و گوگرد (S)) ترکیب شده و **سرباره** تشکیل میدهد.

✓ محافظت از نسوز کوره:

آهک با تشکیل یک لایه سرباره بر روی سطح فلز مذاب، از دیوارهای کوره در برابر حرارت و خوردگی شیمیایی محافظت میکند.

✓ کنترل ویسکوزیته سرباره:

آهک به کاهش ویسکوزیته (گرانروی) سرباره کمک میکند، در نتیجه جداسازی سرباره از فولاد مذاب آسانتر میشود.

✓ جذب ناخالصی های گوگرد و فسفر:

گوگرد و فسفر که برای فولاد مضر هستند، به شکل ترکیبات پایدار (مانند CaS و فسفات کلسیم) در سرباره تثبیت

ب) آهک خام در صنعت کاغذ

مزایای زیست محیطی و اقتصادی:

کاهش آلودگی محیط زیست
ذخیره انرژی
کاهش وابستگی به واردات
صرفه جویی ارزی برای کشور



با اجرای این طرح از خروج سالانه ۱/۵ میلیارد دلار ارز از کشور می توان جلوگیری کرد.

• معرفی کاغذ سنگی

- ✓ ترکیبی از کربنات کلسیم و پلی اتیلن است.
- ✓ دوستدار طبیعت و تجزیه پذیر است.
- ✓ در فرآیند تولید آن به آب، دیگ بخار، اسید، مواد شیمیایی و سفیدکننده ها نیاز نیست.

مزایای محصول:

- ✓ مقاوم در برابر پاره شدن
- ✓ مقاوم در برابر آتش (به کندی آتش می گیرد)
- ✓ مقاوم در برابر آب و رطوبت (مانند عایق)
- ✓ مقاوم در برابر حشرات
- ✓ قابلیت چاپ پذیری بسیار بالا
- ✓ نرم و مناسب برای مصارف چاپی و تبلیغاتی لوکس
- ✓ قابل استفاده در تمام حوزه ها مانند کاغذ معمولی
- ✓ دوستدار محیط زیست

(ب) آهک خام در صنعت کاغذ

❖ **خمیرسازی شیمیایی:** آهک زنده در فرآیند خمیرسازی کرافت استفاده می‌شود که در آن به تجزیه لیگنین کمک می‌کند و به تبدیل کربنات سدیم به هیدروکسید سدیم کمک می‌کند که در خمیرسازی برای حل کردن الیاف چوب دوباره استفاده می‌شود.

❖ **دیگ بازیابی و کاستیک کردن:** آهک زنده به دیگ‌های بازیابی اضافه می‌شود تا هیدروکسید سدیم را از کربنات سدیم در "مایع سبز" احیا کند و مایع سفید ضروری برای خمیرسازی تولید کند. این فرآیند احیا، کاستیک کردن نامیده می‌شود.

❖ **خنثی‌سازی پساب‌های اسیدی:** آهک زنده، فاضلاب اسیدی حاصل از مراحل مختلف کاغذسازی را خنثی می‌کند تا با مقررات زیست‌محیطی مطابقت داشته باشد.

❖ **سفیدکننده:** آهک زنده به تنظیم pH کمک می‌کند و می‌تواند در تولید سفیدکننده هیپوکلریت کلسیم برای سفید کردن خمیر، بهبود روشنایی و کیفیت کاغذ استفاده شود.

❖ **تولید کربنات کلسیم رسوبی (PCC):** از آهک زنده برای تولید PCC، یک ماده پرکننده و پوشش‌دهنده که کیفیت نوری و فیزیکی کاغذ را بهبود می‌بخشد، استفاده می‌شود.

❖ **تصفیه ضایعات:** آهک زنده به عنوان یک منعقدکننده، تهویه فیلتراسیون و عامل خنثی‌کننده در تصفیه پساب‌های کارخانه‌های خمیر و کاغذ عمل می‌کند و به بازیابی محصولات جانبی ارزشمند کمک می‌کند.

❖ به طور کلی، آهک زنده در سفید کردن، بازیابی مواد شیمیایی، کنترل pH، پوشش‌دهی و مدیریت زیست‌محیطی در صنعت کاغذ ضروری است و هم کارایی و هم کیفیت کاغذ را بهبود می‌بخشد.

۲. دولومیت خام

چرا دولومیت انتخاب مناسبی است؟

به طور کلی، دولومیت به دلیل ترکیب متعادلی از مقرون به صرفه بودن، ایمنی زیست محیطی و در برخی موارد عملکرد برتر نسبت به اکسید منیزیم، ترجیح داده می شود.



نوآوری های علمی

روش های جداسازی MgO از دولومیت

شستشوی اسیدی

تبادل یونی

کربناتاسیون کنترل شده

روش های الکترواستاتیک

تکنیک جیکنگ

فلوتاسیون

استحصال منیزیا از دولومیت خام

مزایای استحصال منیزیا از دولومیت

۱. کاهش هزینه های تولید صنایع فولاد و نسوز.
۲. کمک به خود کفایی ملی و کاهش وابستگی.
۳. ارائه محصولی با کیفیت و مناسب برای کاربردهای حیاتی.
۴. همسویی با اهداف توسعه پایدار و تولید فولاد سبز



محصولات کلسینه

۱. آهک کلسینه (Quicklime)

✓ کوره قوس الکتریکی (EAF) و کوره القایی (IF)

برای حذف ناخالصی‌ها (سیلیس، فسفر، گوگرد) به صورت سرباره‌ساز (Fluxing Agent) ایجاد سرباره‌ای با سیالیت و خواص مناسب برای جذب ناخالصی‌ها.

✓ تولید فولاد به روش کانورتر (BOF)

تنظیم کننده دما و خواص سرباره.



Product Name	Chemical Analysis (%) Brand	MgO	SiO ₂	CaO	Fe ₂ O ₃	Al ₂ O ₃	L.O.I	Bulk Density (g/cm ₃)	Grain Size (mm)
Calcined	AZ.C.L.L (Lime)	0.5 – 1.5	0.6 – 1.3	93 -97	0.3 – 0.5	0.1 – 0.3	1 – 3	0.9 – 1.5	0 - 50

۲. دولومیت کلسینه

✓ منبع اکسید منیزیم (MgO) :

اکسید منیزیم به افزایش عمر نسوز کوره های فولادسازی (به ویژه در کوره های قوس الکتریکی و کنورتور) کمک میکند، زیرا با ناخالصی های اسیدی سرباره واکنش داده و از تخریب نسوزهای بازی (مثل منیزیته-کرمیتی) جلوگیری میکند.

✓ کنترل ویسکوزیته و نقطه ذوب سرباره:

منیزیم اکسید (MgO) موجود در دولومیت، به کنترل ویسکوزیته و نقطه ذوب سرباره کمک کرده و آن را برای فرآیندهای متالورژیکی بهینه میکند.

✓ حفاظت از نسوز کوره:

دولومیت پخته شده برای تعمیر و نگهداری پوشش نسوز کوره ها (مثل کوره های AOD و LADLE استفاده میشود تا در برابر سرباره های خورنده مقاومت کند.

✓ جایگزین آهک:

در برخی موارد، دولومیت به عنوان مکمل آهک استفاده میشود تا هم کلسیم و هم منیزیم مورد نیاز فرآیند را تأمین کند.

Product Name	Chemical Analysis (%)	MgO	SiO ₂	CaO	Fe ₂ O ₃	Al ₂ O ₃	L.O.I	Bulk Density (g/cm ₃)	Grain Size (mm)
	Brand								
Calcined	AZ.C.L.D (DOLOMITE)	35-39	0.5 – 1.5	52 - 55	0.3 – 0.9	0.1 – 0.3	1 – 3	0.9 – 1.5	0 - 50

مقایسه آهک کلسینه، دولومیت کلسینه

محصول	کاربردهای اصلی در صنعت فولاد	مزایا	معایب
آهک کلسینه (Quicklime)	گداز آور اصلی در کوره های قوس الکتریکی (EAF) و کنورتور (BOF) حذف ناخالصی های اسیدی (سیلیس، فسفر، گوگرد) تشکیل سرباره تصفیه ثانویه فولاد (Ladle Furnace)	- واکنش پذیری بالا - کارایی عالی در حذف گوگرد و فسفر - هزینه تولید نسبتا پایین - در دسترس بودن گسترده	- حساس به رطوبت (هیدراته شدن و از دست دادن کارایی) - عمر انبارداری کوتاه - تولید گرد و غبار
دولومیت کلسینه (Calcined Dolomite)	- منبع تامین MgO در سرباره - حفاظت از نسوز کوره - کنترل ویسکوزیته سرباره - در کوره های AOD و VOD	- تامین همزمان CaO و MgO - افزایش عمر نسوز کوره - پایداری حرارتی بهتر - کاهش خوردگی نسوز	- هزینه بالاتر از آهک - واکنش پذیری کمتر نسبت به آهک خالص - نیاز به دمای بالاتر برای تکلیس کامل

محصولات زینتر

۱. منیزیت زینتر شده

پایداری حرارتی بالا

کاهش مصرف مواد

افزایش طول عمر نسوزها

هزینه تولید کمتر

سازگاری با سوخت‌های جایگزین

بهره‌وری انرژی

مزیت بازار

تولید آجرهای نسوز منیزیتی-کربنی و جرم‌های منیزیتی

این آجرها استاندارد صنعت برای lining کانورترها (BOF)، کوره‌های قوس الکتریکی و کوره‌های پاتیل (LF) هستند.

مقاومت بسیار بالا در برابر خوردگی توسط سرباره‌های قلیایی.



CHEMICAL ANALYSIS OF DEAD BURNED MAGNESIA

Product Name	Chemical Analysis (%) Brand	MgO	SiO ₂	CaO	Fe ₂ O ₃	Al ₂ O ₃	L.O.I	Bulk Density (g/cm ₃)	Grain Size (mm)
Dead Burned Magnesia	AZ. D.B.M 96	96	3	2	Trace	Trace	0.05	3.4 ± 0.2	0 - 15
	AZ. D.B.M 95	95	4	2	Trace	Trace	0.07	3.35 ± 0.2	0 - 15
	AZ. D.B.M 94	94	4.5	2.5	Trace	Trace	0.01	3.35 ± 0.2	0 - 15
	AZ. D.B.M 92	92	5.5	3	0.7	Trace	0.05	3.3 ± 0.2	0 - 15
	AZ. D.B.M 90	90	6.5	4.5	0.7	Trace	Trace	3.3 ± 0.2	0 - 15
	AZ. D.B.M 88	88	8.5	5.5	0.8	Trace	Trace	3.3 ± 0.2	0 - 15
	AZ. D.B.M 84	84	5	9	3	Trace	0.33	3.2 ± 0.2	0 - 15
	AZ. D.B.M 83	83	10	5	3.5	Trace	Trace	3.3 ± 0.2	0 - 15

۲. دونیت

منبع منیزیم: این سنگ‌ها منابعی غنی از مواد معدنی حاوی منیزیم (مانند اولیوین) هستند و می‌توانند در تولید منیزیت زیتتر یا مستقیماً به عنوان فلاکس و ماده نسوز استفاده شوند.



Product Name	Chemical Analysis (%) Brand	MgO	SiO ₂	Fe ₂ O ₃	CaO	Al ₂ O ₃	TiO ₂	L.O.I	Na ₂ O	K ₂ O	Cr ₂ O ₃	Bulk Density (gr/cm ₃)
Dunite Sintering	AZ. Dunite	45 ± 2	43 ± 2	9 ± 1	1.4 ± 1.6	0.6 – 0.8	Trace	Trace	Trace	Trace	0.3 – 0.5	3.1 – 3.2

۳. دولومیت زینتر آهن بالا

خواص دولومیت آهن بالا

✓ پایداری حرارتی و استحکام مکانیکی افزایش یافته.

✓ واکنش پذیری شیمیایی بالاتر به دلیل زینتر شدن.

✓ تأثیر بر شیمی سرباره و فازهای پیوند زینتر.

✓ کمک به بهبود ریزساختار زینتر و عملکرد در تعمیرات گرم کوره های قوس الکتریکی



موارد استفاده از دولومیت زینتر آهن بالا

- ✓ مصرف در کوره‌های فولادسازی: به عنوان یک ماده نسوز و کمک ذوب.
- ✓ تهیه و ترمیم آجرهای نسوز دولومیتی-منیزیتی مورد استفاده در کوره‌های فولادسازی.
- ✓ حفاظت از دیواره کوره: تشکیل یک لایه محافظ روی آجرهای نسوز.

Product Name	Chemical Analysis (%)	MgO	SiO ₂	CaO	Fe ₂ O ₃	Al ₂ O ₃	L.O.I	Bulk Density (g/cm ₃)	Grain Size (mm)
	Brand								
Dead Burned Dolomite	AZ. D.B.D (High-Iron)	36 ± 2	1.5 ± 1	57 ± 2	5 ± 1	0.2 ± 0.1	Trace	3.2 ± 0.5	0 - 10

۴. منیزیا - دولومیت (مگدول)

مقاومت در برابر هیدراتاسیون

مقاومت در برابر سرباره

مقرون به صرفه بودن

کاربرد گسترده

مقاومت در برابر شوک حرارتی

دوام عملیاتی بالا

از طریق فرآیند کلسیناسیون دو مرحله ای و با حرارت دادن دولومیت - منیزیت تا دمایی بالاتر از ۱۶۰۰ درجه سانتی گراد ، مگدول تولید می شود.

CHEMICAL ANALYSIS OF MAGNESIA- DOLOMITE

Product Name	Chemical Analysis (%) Brand	MgO	CaO	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	L.O.I	Bulk Density (gr/cm ₃)	Available Size (mm)
MAG – DOL	AZ. MAG-DOL70	77 ± 2	20 ± 2	1.5 ± 0.5	0.4 ± 0.1	0.7 ± 0.3	TRACE	3.15 - 3.2	0 – 15
	AZ. MAG-DOL60	67 ± 2	30 ± 2	1.5 ± 0.5	0.4 ± 0.1	0.7 ± 0.3	TRACE	3.15 - 3.2	0 - 15



مگدول	منیزیت	دولومیت زینتر	
مخلوط سینتر شده از MgO و CaO معمولاً با درصد MgO بالاتر از دولومیت	MgO بالا	CaO · MgO نسبت تقریبی ۲:۱	ترکیب شیمیایی
-تولید نسوزهای بسیار بادوام و مقاوم در برابر خوردگی -پوشش کاری کوره‌های القایی و قسمتهای حساس کوره‌های فولادسازی -جایی که به ترکیب بهینه‌ای از مقاومت در برابر خوردگی و پایداری حرارتی نیاز است	-تولید آجرهای نسوز با کیفیت بسیار بالا برای کوره‌های فولادسازی -پوشش کاری کوره‌های قوس الکتریکی، کنورتورها و لادل فرنی -ترمیم پوشش نسوز (gunning) -ماده اولیه برای تولید منیزیای ذوب شده	-مقاومت در برابر خوردگی در کوره قوس الکتریکی (EAF) -حفاظت از نسوز	کاربردهای اصلی در صنعت فولاد
-ترکیب مزایای هر دو ماده: مقاومت خوب منیزیت و خاصیت خودترمیمی CaO (Self-healing) -مقاومت برتر در برابر نفوذ سرباره و خوردگی نسبت به منیزیت -پایداری حرارتی بهتر از منیزیت خالص در برخی شرایط حرارتی -طول عمر بسیار بالا در کاربردهای نسوزی - هزینه تولید پایین تر از منیزیت	-مقاومت بسیار بالا در برابر خوردگی توسط سرباره‌های بازی -نقطه ذوب بسیار بالا (>2800°C) -پایداری حجمی عالی در دماهای بسیار بالا -استحکام مکانیکی خوب	-هزینه اقتصادی نسبت به منیزیت خالص -تامین همزمان دو اکسید مورد نیاز CaO و MgO -افزایش عمر نسوز با تشکیل یک لایه محافظ در کوره ها -در دسترس بودن ماده اولیه	مزایا
-فرآیند تولید پیچیده و نیاز به زینتر در دمای بسیار بالا هیدراته شدن بیشتر از منیزیت	-هزینه بسیار بالاتر نسبت به دولومیت مقاومت ضعیف در برابر شوک حرارتی (Thermal Spalling) -در صورت عدم استفاده صحیح، ممکن است در برابر سرباره‌های با سیلیسی بالا آسیب ببیند	-مقاومت در برابر خوردگی و سایش بالاتر از منیزیت -حساس به هیدراته شدن (جذب رطوبت و از بین رفتن ساختار) -استفاده در دماهای بسیار بالا به صورت تنها	معایب

سایر مواد معدنی قابل استحصال در کوره های دوار



۱. سنگ آهن عیار بالا



الف) بهره‌وری انرژی و فرآیند

✓ کاهش مصرف انرژی و مواد

✓ احیاء پذیری بالاتر

✓ سریع تر به آهن اسفنجی تبدیل می شود

✓ افزایش بازدهی کوره

✓ کارایی متالورژیکی بالاتر

✓ میزان گوگرد کمتری دارد

ب) مزایای اقتصادی

✓ صرفه جویی در هزینه

ج) مزایای زیست محیطی

✓ کاهش آلاینده‌گی: کاهش انتشار دی‌اکسید

کربن (CO_2)

د) افزایش ظرفیت و خروجی تولید

Product Name	Chemical Analysis (%)	Fe Total	FeO	MgO	$\text{SiO}_2 + \text{Al}_2\text{O}_3$	CaO	SiO_2	S	MnO	TiO_2	L.O.I	Grain Size (mm)
IRON	AZ. IRON (High-Iron)	Min 62%	Max 0.5%	Max 1%	Max 5.5%	Max 2%	Max 5	Max 0.01	Min 3	MAX 0.3%	MAX 2%	10-40

2. SRC (Slag Reducer & Conditioner)

SRC یک راه حل تخصصی، کارآمد و مدرن

تعریف SRC

- یک افزودنی مصنوعی که هنگام تخلیه از کوره اضافه میشود
- به سرعت در کل حجم سرباره پاتیل توزیع و ادغام می شود
- حاوی ترکیبات آلومینایی، کلسیم، منیزیم و کربن در کاهش مصرف فرو آلیاژها می باشد.

موارد استفاده

کوره های پاتیل (LRF)
بلافاصله بعد از تخلیه از کوره های قوس یا کنورتور



هدف از استفاده در LF

۱. کاهش مصرف فرو آلیاژها به دلیل شرایط مناسب تر اضافه کردن آنها
۲. اکسیژن زدایی سریعتر سرباره به مدت ۲۰ دقیقه
۳. جذب سریعتر ناخالصی ها
۴. کاهش سایش نسوز
۵. بهینه سازی تعادل انرژی با تسهیل تشکیل سرباره فومی
۶. افزایش گوگرد زدایی
۷. بهبود سیالیت سرباره

مقایسه ی SRC و کلسیم آلومینات

کلسیم آلومینات (Calcium Aluminate)	SRC (Slag Reducer & Conditioner)	بعد مقایسه
عمدتاً CaO و Al_2O_3	Al_2O_3 , CaO , MgO , C	ترکیب اصلی
تشکیل سریع سرباره، کنترل ویسکوزیته و نقطه ذوب	کاهش سریع سرباره، گوگردزدایی، کاهش مصرف نسوز	عملکرد اصلی
تسریع در تشکیل فازهای سرباره مذاب	کاهش دهنده اکسیدی، تشکیل سرباره کف آلود	مکانیسم عمل
عملکرد سریع در تشکیل سرباره و محافظت از نسوز	صرفه جویی در زمان (حدود ۲۰ دقیقه در هر ذوب)، کاهش مصرف کک و انرژی	مزیت کلیدی
فولادسازی ثانویه، پاتیل، تصفیه خارج کوره های (Ladle Furnace)	پاتیل های LF	کاربرد اصلی
معمولاً بدون اثر مستقیم بر کاهش آلایندگی	کاهش مصرف کک و انتشار CO_2 ، حذف فلورسپار مضر	تأثیر بر محیط زیست
معمولاً گران تر به دلیل فرآیند تولید پیچیده تر	به دلیل کاهش مصرف انرژی و کک، مقرون به صرفه تر	هزینه
سرعت بسیار بالا در انحلال و تشکیل سرباره	حاوی کربن فعال برای احیاء و کاهش سرباره	ویژگی منحصر به فرد
کاربردهایی که نیاز به واکنش سریع سرباره دارند	فرآیندهای مدرن فولادسازی با هدف بهینه سازی انرژی	مناسب برای
تسریع در تشکیل فازهای سرباره مذاب	کاهش دهنده اکسیدی، تشکیل سرباره کف آلود	مکانیسم عمل

محاسبه ارزش افزوده ی استفاده از SRC در سایر کشورها

۲ دلار گاز

۳ دلار آهک و دولومیت

۹ دلار الکتروود و برق

۱۰ دلار آجرهای آسیب دیده

۲۰ دلار اکسیژن زدایی

۴۰ دلار فرو آلیاژها

پیام نهایی و جمع بندی

ایده ها و استراتژی های قابل اجرا



۱. بهینه‌سازی فرآیند تولید مواد معدنی فرآوری شده:

❖ استفاده از فناوری‌های پیشرفته در استخراج و فرآوری مواد معدنی مانند آهک و دولومیت به منظور افزایش خلوص و کاهش ناخالصی‌ها.

❖ سرمایه‌گذاری در سیستم‌های مدرن خردایش، غربال‌گری و کلسیناسیون برای بهبود کیفیت محصول نهایی

۲. توسعه محصولات با ارزش افزوده بالا:

تولید موادی مانند دولومیت زینتر شده با آهن بالا و منیزیا-دولومیت (مگدول) برای استفاده در صنایع فولاد و نسوز. گسترش تولید (PCC کربنات کلسیم رسوبی) از آهک برای استفاده در صنایع دارویی، کاغذ و سایر صنایع.

۳. کاهش مصرف انرژی و آلاینده‌گی:

بهینه‌سازی کوره‌های کلسیناسیون و زینترینگ با استفاده از سیستم‌های بازیابی حرارت و کاهش مصرف سوخت.

جایگزینی کک با منابع انرژی کم‌کربن یا استفاده از گاز طبیعی به عنوان سوخت پاک‌تر

۴. بومی سازی فناوری های نوین:

توسعه و بومی سازی فناوری تولید (SRC (Slag Reducer & Conditioner برای بهبود فرآیند احیا پذیری و کاهش هزینه ها.
استفاده از نانوذرات و افزودنی های پیشرفته برای بهبود خواص مواد معدنی و افزایش کارایی آنها

۵. مدیریت پسماند و بازیافت:

بازیافت سرباره های تولیدی در فرآیند فولادسازی و استفاده مجدد از آنها در صنایع ساختمان یا راه سازی.
کاهش ضایعات با بهینه سازی فرآیندهای تولید و استفاده مجدد از مواد زائد



با تشکر از توجه شما

Contact us



 **09133209577**

 **www.azarsepeed.com**