



به نام خدا

فلورین مصرفی فولادسازی  
چالشها و راهکارها

جلیل سلیمانی  
ذوب آهن اصفهان  
مدیریت آزمایشگاه مرکزی

# فرایند فولادسازی به روش کنورتوری

ترکیب چدن خام کوره بلند:

%C:4.0

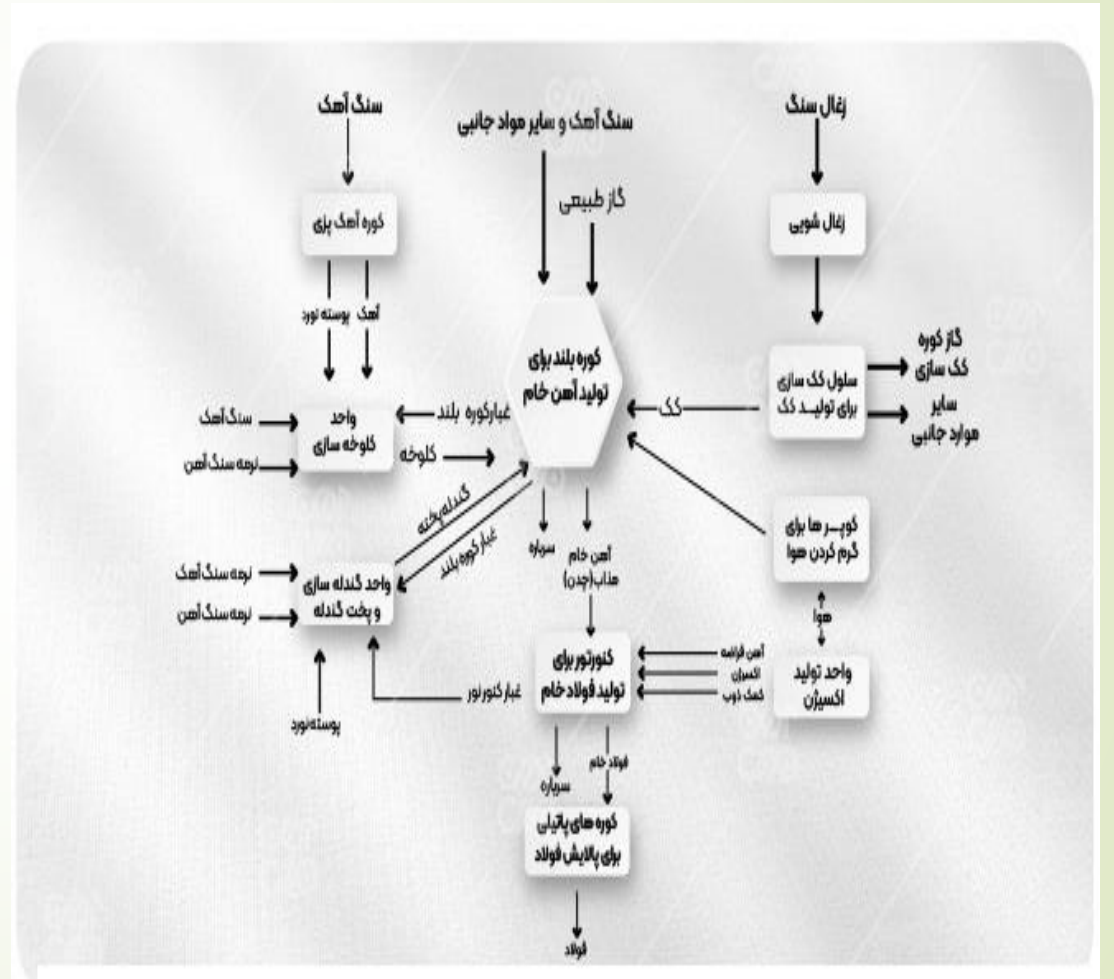
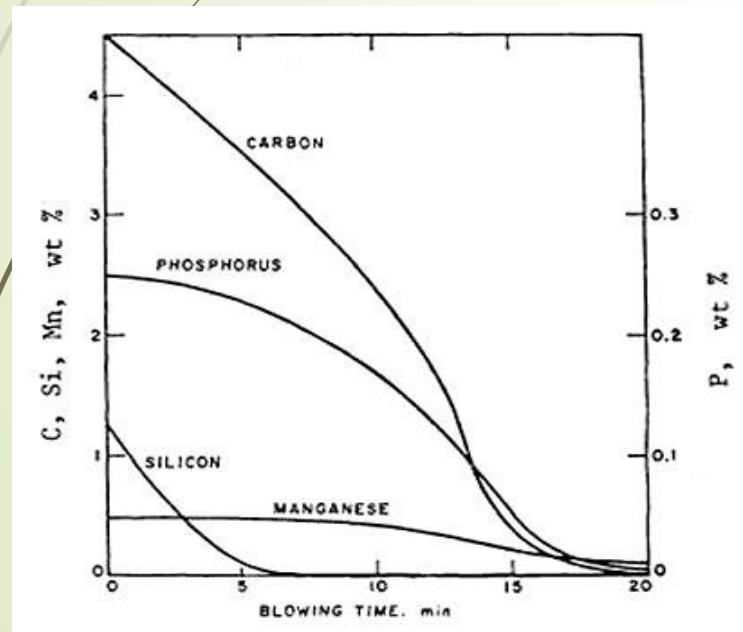
%Mn:0.5-1.0

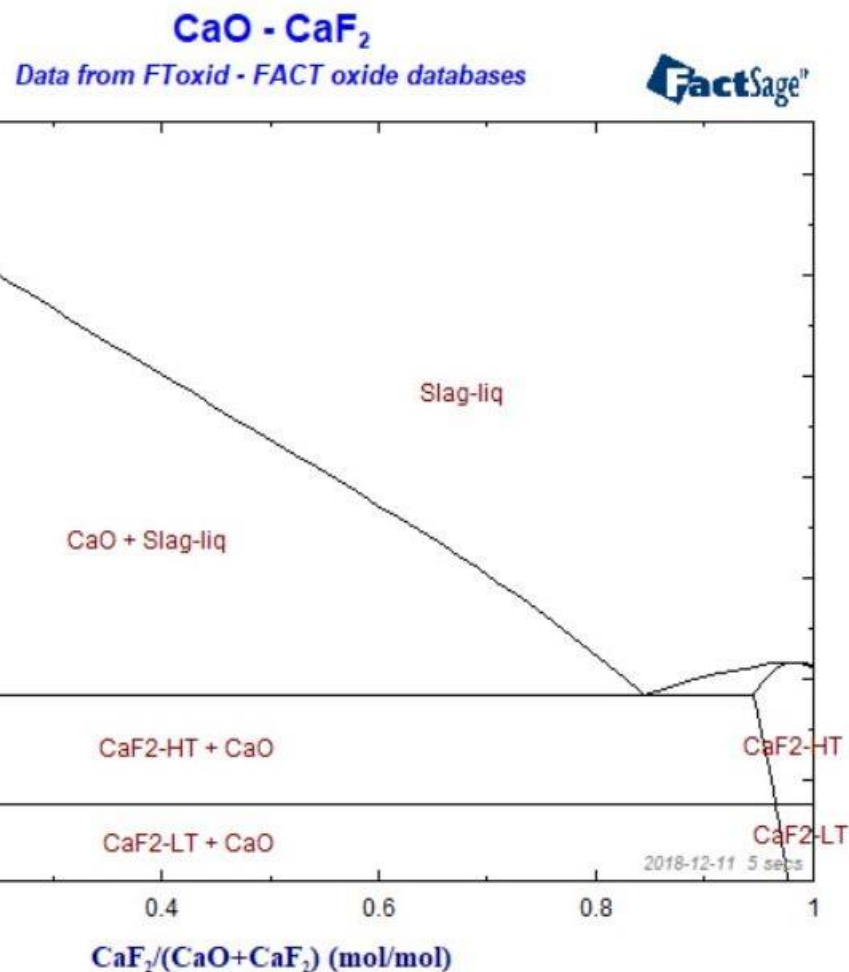
%Si:0.5

%P:0.100-0.300

%S:0.050-0.100

نحوه اکسایش عناصر در فرایند فولادسازی





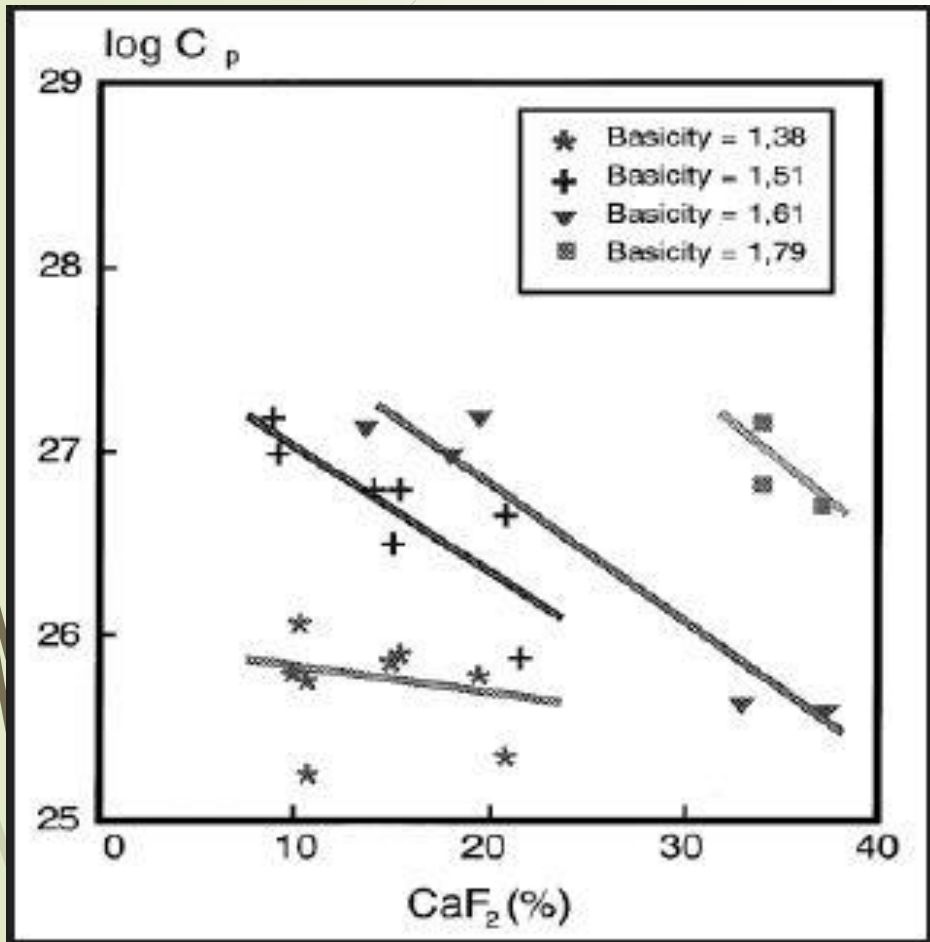
فلورید کلسیم (CaF<sub>2</sub>) با نام تجاری فلورین یا فلدسپار با نقطه ذوب ۱۳۸۶ درجه سانتی گراد به عنوان متداولترین روانساز در سرباره‌هایی بر مبنای آهک که در صنایع فولادسازی به روش کنورتور BOF استفاده می‌شوند شناخته شده است. این ماده با کاهش نقطه ذوب ترکیب سرباره باعث افزایش میزان انحلال آهک و سیالیت سرباره گردیده و بطور کلی شرایط فرایند تصفیه مذاب را فراهم می‌نماید. چنانچه در دیاگرام دوتایی CaO-CaF<sub>2</sub> مشاهده می‌شود، در دمای فولادسازی، Liquid+ CaO فاز غالب خواهد بود و حجم فاز مذاب (Liquid)، متأثر از میزان فلورین و در نتیجه کیفیت آن می‌باشد.

## مشکلات مصرف فلورین

- ۱- منابع محدود و تاثیر آن در مصرف فلورین
- ۲- تاثیر منفی بر روی آجر نسوز مخصوصا در خط سرباره
- ۳- ایجاد خوردگی در سیستم تصفیه غبار
- ۴- مشکلات زیست محیطی



## تأثیر افزایش مصرف فلورین در میزان فسفرزدایی



افزایش درصد وزنی فلورین نسبت به آهک توانایی بازی سرباره و در ادامه توانایی فسفرزدایی (Phosphate Capacity) سرباره نیز کاهش می‌یابد. افزایش درصد  $\text{CaF}_2$  موجب کاهش توانایی حذف فسفر سرباره برای مقادیر مختلف بازیسته سرباره می‌گردد.

# شرایط فنی فلورین مصرفی بخش فولادسازی:

از سال ۱۳۹۰ تا الان

- $\text{CaF2}_{\text{effective}} \geq 70.0$ 
  - $\text{SiO2} \leq 5.0$
- $\text{CaF2}_{\text{effective}} = \text{CaF2} - (\text{SiO2} * 2.5)$

تا قبل از سال ۱۳۹۰

$$\text{CaF2} \geq 75.0$$

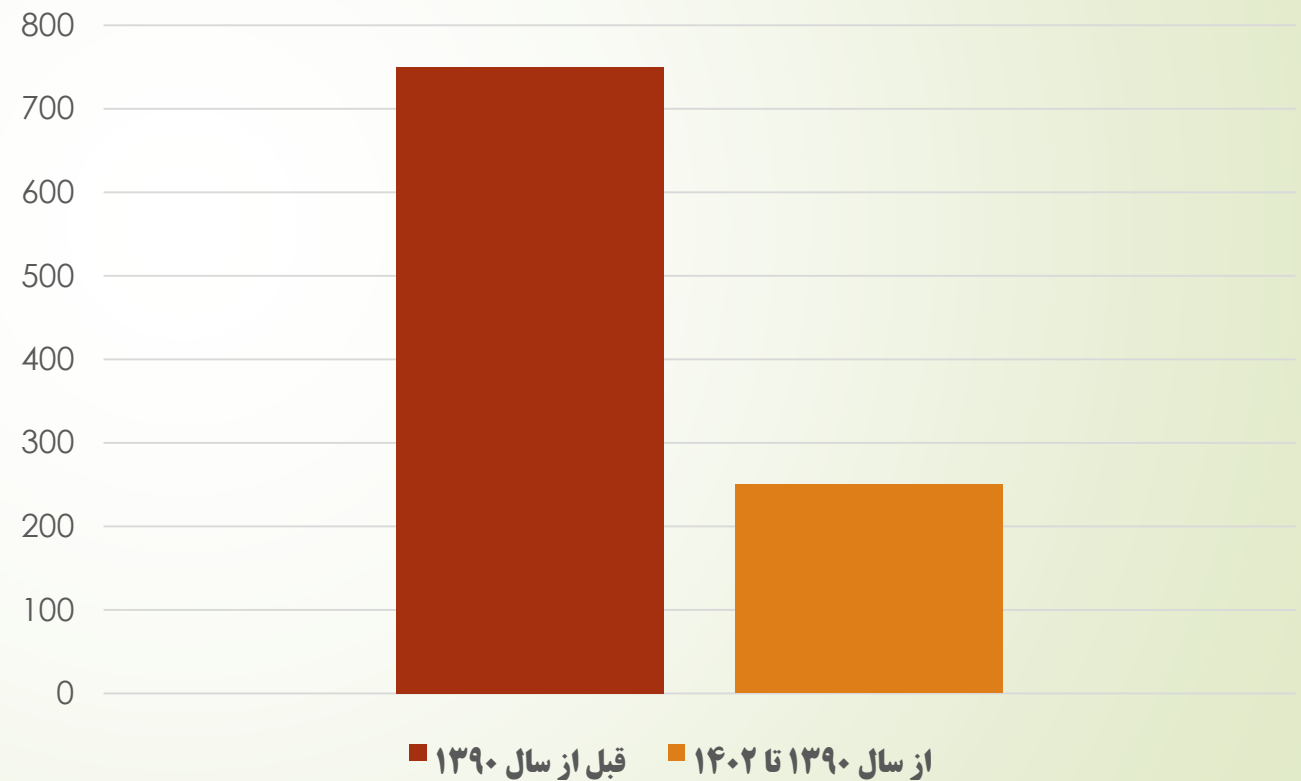
# مزایا و معایب

## تامین کنندگان:

تعداد تامین کنندگان بالفعل و بالقوه فلورین  
قبل از تغییرات کیفیت: ۱۰

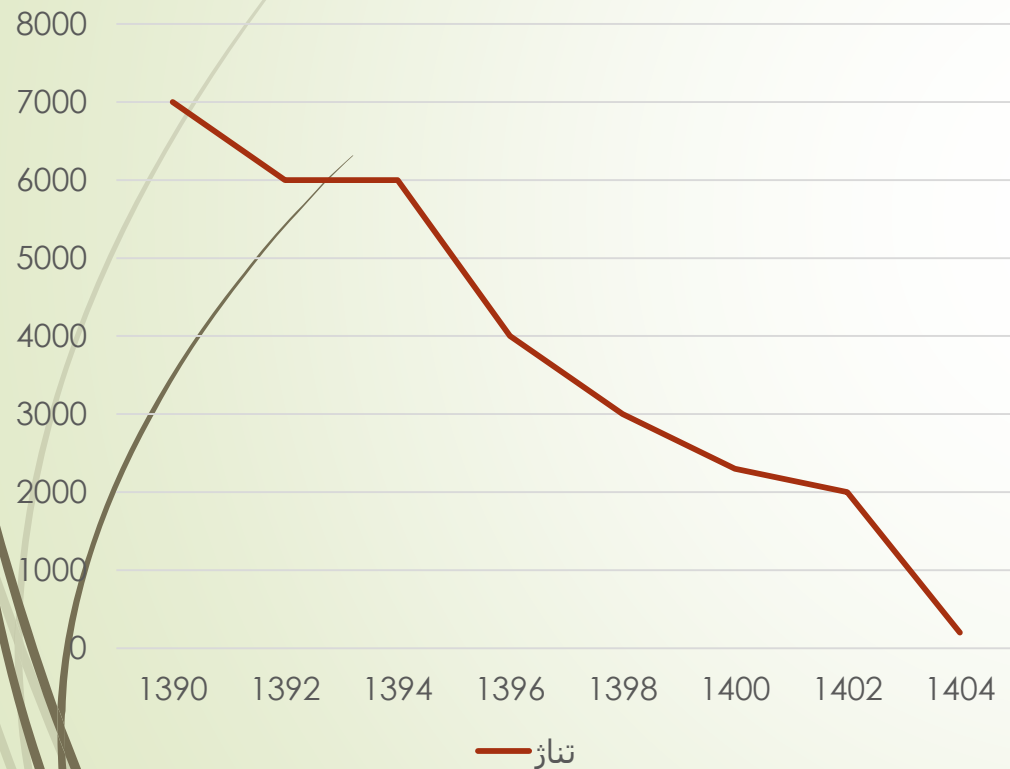
تعداد تامین کنندگان فلورین کیفی بعد از  
اعمال تغییرات: ۲

میزان مصرف فلورین در هر ذوب

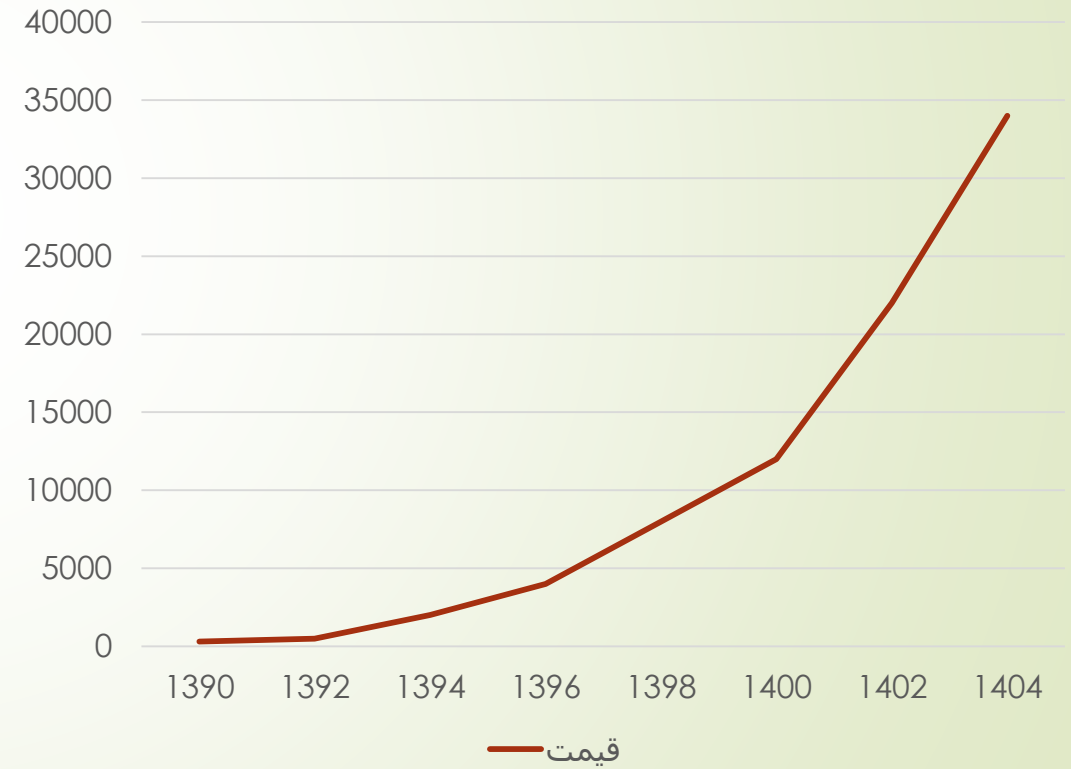


# نوسانات قیمتی و محدودیت های تامین فلورین کیفی

## تناژ تامین شده جهت مصرف



## قیمت (تومان)





# راهکارهای جایگزین:

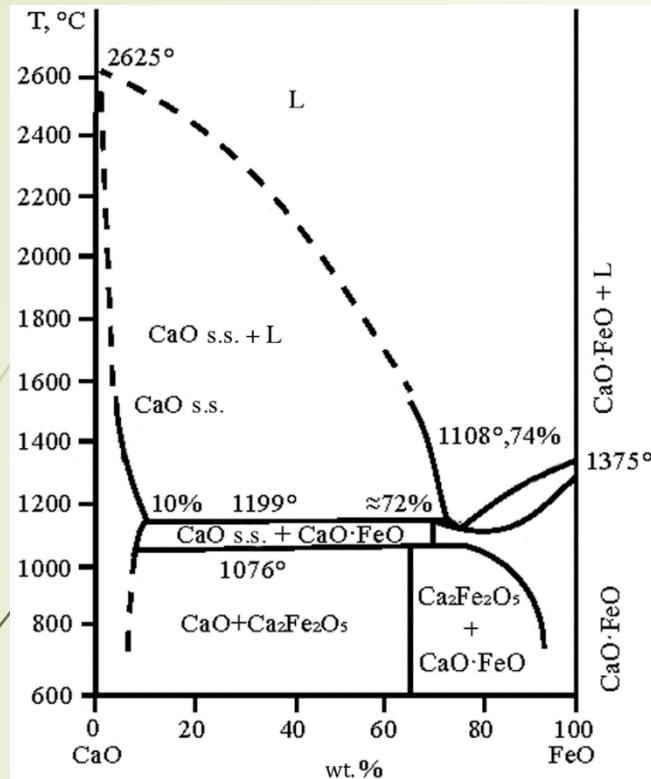
۱- افزایش  $\text{FeO}$  سرباره به کمک اکسیداسیون آهن حمام مذاب

۲- مصرف آهن اسفنجی در کنار قراضه جهت افزایش  $\text{FeO}$  سرباره

۳- بریکت سازی از فلورین فاین کیفی حاصل از فرایند دانه بندی فلورین متالورژی پیشنهادی توسط تامین کنندگان

۴- بکارگیری ترکیبات جدید فلورین صنعتی تحت عنوان  $\text{TM}$  Synthetic Fluorspar (کاتاکوگ زیر)

۵- جایگزینی فلورین با بوکسیت



| No | Property                  | Acceptance Criteria | Result | Comments |
|----|---------------------------|---------------------|--------|----------|
| 1  | $\text{Na}_3\text{AlF}_6$ | 75-80%              | 78%    | -        |
| 2  | $\text{AlF}_3$            | 10-15%              | 12%    | ISO 4277 |
| 3  | $\text{P}_2\text{O}_5$    | 0.004-0.009%        | 0.006% | XRF      |
| 4  | $\text{SiO}_2$            | 0.035-0.080%        | 0.062% | XRF      |
| 5  | $\text{Fe}_2\text{O}_3$   | 0.01-0.05%          | 0.03%  | XRF      |
| 6  | $\text{Al}_2\text{O}_3$   | 4-5%                | 4%     | XRF      |
| 7  | $\text{MgF}_2$            | 0.15-0.35%          | 0.3%   | XRF      |
| 8  | $\text{LiF}$              | <0.004%             | 0.003% | XRF      |
| 9  | $\text{CaF}_2$            | 3-5%                | 3%     | XRF      |
| 10 | KF                        | Up to 0.08%         | 0.06%  | XRF      |
| 11 | C                         | 0.02-0.2%           | 0.18%  | XRF      |
| 12 | Moisture                  | 0.03-0.15%          | 0.12%  | -        |
| 13 | Bulk Density              | 1.10-1.5%           | 1.4%   | -        |
| 14 | Ratio                     | 1.06-1.14           | 1.08%  | -        |

# مزایا و معایب راه های جایگزین

۱- افزایش هزینه تولید بدلیل اکسیداسیون آهن مذاب و همچنین آسیب به قسمت بالایی نسوز کنورتور

۲- کاهش مصرف فلورین بدلیل ترکیب شیمیایی آهن اسفنجی (حاوی  $\text{FeO}$ ) از طرفی بالا بودن درصد گانگ نسبت به قراضه و افزایش میزان غبار خروجی و محدودیت در تامین

۳- نتایج نامطلوب در زمینه تولید بریکت با استحکام مناسب و آنالیز شیمیایی متناسب با عملکرد فلورین افکتیو

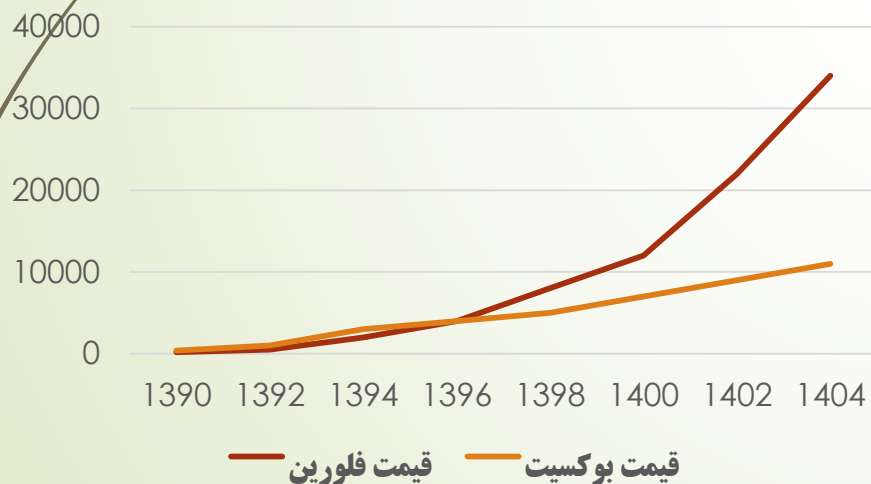
۴- عملکرد مشابه فلورین افکتیو از طرفی محدودیت در تامین خارجی به دلیل محدودیت های تامین ارز، متصاعد شدن دود سفید در زمان مصرف بدلیل وجود ترکیبات سدیم

۵- اثر بخشی پایین جهت سیالیت سرباره و عملکرد ضعیف جهت کاهش فسفر و گوگرد فولاد مذاب

# بررسی مصرف بوکسیت خام و بوکسیت فرآوری شده جهت جایگزینی با فلورین

## ترکیب اولیه و دانه بندی بوکسیت مصرفی جهت جایگزینی

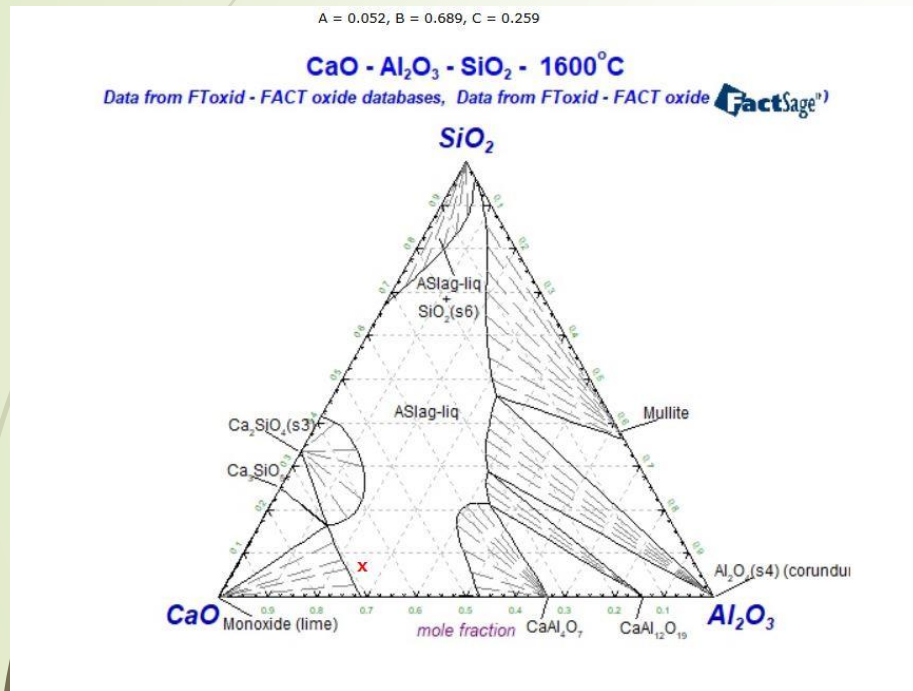
قیمت مقایسه ایی بوکسیت معدنی و فلورین کیفی



| Al2O3 | SiO2 | TiO2 | Fe2O3 | MgO  | CaO | LOI  |
|-------|------|------|-------|------|-----|------|
| 50.0  | 25.0 | 5.0  | 8.0   | 0.25 | 1.0 | 10.0 |

|          |           |
|----------|-----------|
| 10-60 mm | دانه بندی |
|----------|-----------|

# بررسی بوکسیت فراوری شده (Metacid grain) بر سر باره سازی



## ترکیب شیمیایی و دانه بندی

| Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | SiO <sub>2</sub> | TiO <sub>2</sub> | Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | MgO | CaO | LOI |
|--------------------------------|------------------|------------------|--------------------------------|-----|-----|-----|
| 25.0                           | 55.0             | 1.5              | 9.0                            | 0.5 | 1.5 | 7.0 |

5-20 mm

ترکیب دانه بندی

## ترکیب شیمیایی سر باره کنورتور

| CaO   | SiO <sub>2</sub> | MgO   | FeO   | Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> |
|-------|------------------|-------|-------|--------------------------------|-------------------------------|
| 45-50 | 8-12             | 10-15 | 15-25 | 5                              | 2-3                           |

# نتیجه گیری و ارزیابی نهایی

- پس از مصرف حدود ۵۰۰ تن بوکسیت فرآوری شده (Meltaid Grain) و دانه بندی پیشنهادی، مصرف فلورین در فرایند فولادسازی حذف و فرایند جایگزینی آن در حال نهایی شدن می باشد.
- با توجه به اینکه مصرف فلورین در بسیاری از کشورهای صنعتی به دلیل خطرات زیست محیطی، بهداشتی و سلامت پرسنل شاغل در صنعت فولادسازی با محدودیت زیاد همراه است، روش جایگزین در کاهش خطرات فوق الذکر موثر خواهد بود
- اثرات خوردگی و تخریبی ترکیبات فلوریدی بر روی نسوز کنورتور به خصوص نسوزهای منیزیایی حذف شده و باعث کاهش کیلوگرم بر تن نسوز مصرفی بخش فولادسازی خواهد شد.
- با توجه به منابع بسیار محدود فلورین کیفی و قیمت بالای این ماده معدنی، کاهش و یا حذف این ترکیب در مواد مصرفی بخش فولادسازی علاوه بر کاهش ریسک تامین باعث کاهش قیمت تمام شده فولاد تولیدی می گردد.