



پیام فولاد مطالب علمی - خبری در زمینه آهن و فولاد یا زمینه‌های مرتبط را منتشر می‌کند. چاپ مطالب به منزله تأیید دیدگاه پدیدآورندگان آن نیست، نقل و اقتباس از مطالب پیام فولاد با ذکر مأخذ آن بلامانع است. دستورالعمل تهیه مقالات جهت درج در پیام فولاد در صفحات آخر ارائه شده است. طراحی کلیه جداول و تصاویر برعهده صاحب مقاله می‌باشد. مقاله‌های پذیرفته شده پس از ویرایش منتشر می‌شود.

پیام فولاد



انجمن آهن و فولاد ایران

**صاحب امتیاز:** انجمن آهن و فولاد ایران  
**مدیر مسئول و سردبیر:** دکتر حسین ادريس  
**هیأت تحریریه:**

دکتر عباس نجفی‌زاده (استاد دانشگاه صنعتی اصفهان)

دکتر حسین ادريس (استاد دانشگاه صنعتی اصفهان)

دکتر علی شفیعی (استاد دانشگاه صنعتی اصفهان)

دکتر مرتضی شمعیان (استاد دانشگاه صنعتی اصفهان)

دکتر کیوان رئیسی (استاد دانشگاه صنعتی اصفهان)

دکتر احمد ساعتچی (استاد دانشگاه صنعتی اصفهان)

دکتر بهروز ارباب شیرانی (دانشیار دانشگاه صنعتی اصفهان)

مهندس محمد حسن جولزاده (شرکت آژینه گستر اسپادانا)

**مدیر اجرایی:** مهندس مرتضی صالحی

**مدیر روابط عمومی:** فریدون واعظزاده

**طراحی جلد و صفحه‌آرایی:** دفتر فنی تیرازه

**تبلیغات:** سپیده گودرزی

**ناشر:** انجمن آهن و فولاد ایران

**چاپ:** مجتمع چاپ ایرانیان

**شمارندگان:** ۱۰۰۰ نسخه

**بهاء:** ۸۰۰۰۰ ریال

**نشانی:** اصفهان، دانشگاه صنعتی اصفهان، شهرک علمی

تحقیقاتی اصفهان، انجمن آهن و فولاد ایران،

کد پستی: ۸۳۱۱۱-۸۴۱۵۶

تلفن: ۰۲۵-۳۳۹۳۲۱۲۱-۳۱، تلفکس: ۰۳۱-۳۳۹۳۲۱۲۴

E-mail: info@issiran.com

www.issiran.com

## فهرست مطالب

صفحه	عنوان
۳	سر مقاله.....
	<b>مقالات</b>
۴	حذف سولفور از کنسانتره سنگ آهن به روش لیچینگ.....
۹	ارزیابی تولید کک جهان در سال ۲۰۱۶.....
۱۴	بهبود فرآیند تولید و مصرف مواد نسوز .....
	<b>اخبار</b>
۲۱	اخبار داخلی.....
۲۳	اخبار اعضای حقوقی انجمن آهن و فولاد ایران.....
۲۵	اخبار بین‌المللی.....
	<b>برگرفته از مجلات</b>
۲۷	عناوین مقالات مندرج در مجلات بین‌المللی آهن و فولاد.....
۲۸	عناوین مقالات مندرج در مجله بین‌المللی آهن و فولاد ایران.....
	<b>معرفی کتاب</b>
۲۹	معرفی کتاب.....
	<b>سمینارها</b>
۳۰	سمینارهای بین‌المللی.....
۳۱	سمینارهای داخلی.....
	<b>گزارش فنی</b>
۳۲	خط نورد جدید ۴- غلتکی: تکامل اندازه کردن میله.....
	<b>دانستنی‌ها</b>
۴۰	گرافن تولید انبوه، تجاری سازی.....
	<b>مصاحبه</b>
۴۷	مصاحبه‌ای با مدیرعامل شرکت سرمایه‌گذاری و توسعه فولاد جنوب.....
	<b>اطلاعات</b>
۴۹	برگزاری دوره‌های آموزشی انجمن آهن و فولاد ایران.....
۵۲	لیست انتشارات انجمن آهن و فولاد ایران.....
۵۴	فرم درخواست عضویت حقیقی و حقوقی در انجمن آهن و فولاد ایران.....
۵۵	فراخوان مقاله برای مجله بین‌المللی انجمن آهن و فولاد ایران.....
۵۸	راهنمای اشتراک فصلنامه پیام فولاد.....
۵۹	فرم قرارداد درج آگهی در فصلنامه تخصصی پیام فولاد.....
۶۰	دستورالعمل تهیه مقاله برای فصلنامه پیام فولاد.....



## سرمقاله

شماره ۶۷ مجله پیام فولاد هم اکنون در اختیار شما خوانندگان عزیز قرار دارد. ابتدا با توجه به اهمیت حذف سولفور از کنسانتره سنگ آهن و تأثیر آن بر کیفیت گندله تولیدی، مقاله‌ای در رابطه با حذف سولفور از کنسانتره سنگ آهن با استفاده از روش لیچینگ شیمیایی ارائه شده است. در ادامه از آنجائی که کک مواد اصلی احیا و ذوب کننده سنگ آهن در کوره بلند به حساب می‌آید، تولید کک جهان در سال ۲۰۱۶ مورد ارزیابی قرار گرفته است. همچنین مطلبی از یک مدل جدید برای بهبود فرآیند تولید و مصرف مواد نسوز در کوره قوس الکتریکی بررسی شده است. در دیگر بخش‌های این مجله مطالب مختلفی در رابطه با اخبار مرتبط با صنایع فولاد و برگزاری همایش‌ها و سمینارهای داخلی-بین‌المللی و در پایان مجله نیز دو مطلب یکی در مورد توسعه روشی جدید در خط نورد چهار غلتکی توسط شرکت پریمتالز و دیگری تولید انبوه گرافن و تجاری‌سازی آن گزارش شده است. امیدوارم حداقل بخشی از مطالب این شماره که حاصل تلاش همکاران در دانشگاه و صنعت است مورد توجه شما خوانندگان عزیز قرار گیرد.

با تشکر

دکتر حسین ادريس

مدیر مسئول و سردبیر فصلنامه پیام فولاد

# حذف سولفور از کنسانتره سنگ آهن به روش لیچینگ

حسن رضوانی پور<sup>۱\*</sup>، علی مصطفوی<sup>۲</sup>، قباد عبادی پور<sup>۳</sup>،  
امیر حاجی زاده عمران<sup>۴</sup>، محمد کریمی<sup>۵</sup>

## ۱. مقدمه

کانسار سنگ آهن مگنتیت-هماتیت با عیار بالا در معدن گل گهر سیرجان، استان کرمان واقع شده است. ذخیره اثبات شده زمین شناسی ۱۲۰۰ میلیون تن است. مواد معدنی در سنگ آهن به طور عمده از مگنتیت و هماتیت تشکیل شده است. اما معدن شماره یک سنگ آهن گل گهر کانی‌های سولفوردار معدنی نظیر سولفید مانند پیریت را نیز داراست. به طور کلی مقدار سولفور در حدود ۰/۵٪ تا ۲٪، و گاهی اوقات بیش از ۰/۷٪ در کنسانتره سنگ آهن است در حالی که حد مجاز صنایع فولاد ۰/۱٪ است [۱]. علاوه بر این، درصد سولفور با توسعه معدن و افزایش عمق، افزایش می‌یابد و از این رو مشکل سولفور در آینده جدی‌تر خواهد بود. سولفور یکی از ناخالصی‌های مهم در سنگ آهن است، که تا حد زیادی قیمت کنسانتره سنگ آهن را تحت تأثیر قرار می‌دهد. همچنین بالا بودن میزان سولفور در مواد اولیه تولید فولاد، کیفیت فولاد تولید را کاهش می‌دهد. از طرف دیگر وجود سولفور در کنسانتره سنگ آهن باعث مشکلات زیست محیطی، به ویژه انتشار دی اکسید سولفور در طول فرآیند گندله سازی و یا ذوب خواهد شد. تاکنون، مطالعات مختلفی برای کاهش یا حذف سولفور از سنگ آهن و کنسانتره آن انجام شده است و به طور فزاینده‌ای این تحقیقات در حال انجام است [۲-۴].

## چکیده

سنگ آهن حاوی سولفور بالا باعث مشکلات زیادی در تولید گندله، فرایندهای ساخت فولاد و مسائل زیست محیطی از قبیل انتشار دی اکسید سولفور می‌شود و از این رو قیمت کنسانتره سنگ آهن را تحت تأثیر قرار می‌دهد. همچنین وجود سولفور در کنسانتره بر کیفیت گندله تولیدی و فولاد اثرگذار است. مطالعه حاضر در حذف سولفور از کنسانتره سنگ آهن با استفاده از روش لیچینگ شیمیایی انجام شده است. کنسانتره سنگ آهن مگنتیت برای بررسی روش انتخاب شد و نتایج حاصل از این مطالعه نشان داد که بیش از ۹۰ درصد از کل محتوای سولفور از کنسانتره سنگ آهن به روش لیچینگ شیمیایی حذف می‌شود. اثر پارامترهای مختلف، از جمله دما، سرعت همزدن، اندازه ذرات، و استفاده از حلال‌های آلی در حذف سولفور توسط یک سری از شرایط تجربی مورد بررسی قرار گرفت. نتایج تجربی نشان می‌دهد که حذف گوگرد با افزایش درجه حرارت افزایش می‌یابد و افزایش دما در حذف سولفور مهم‌تر از کاهش اندازه ذرات است. علاوه بر حذف سولفور، یکی از مزیت‌های عمده این روش تبدیل پیریت معدنی به محصولات جانبی مفیدی مانند سولفور عنصری است. کلمات کلیدی: حذف سولفور، لیچینگ کانی‌های سولفوردار، کنسانتره سنگ آهن.

\*۱ دانشجوی دکتری شیمی تجزیه، دانشگاه شهید باهنر کرمان - کارشناس آزمایشگاه شرکت معدنی و صنعتی گل گهر

(نویسنده مسئول: Rezvani.ch@gmail.com)

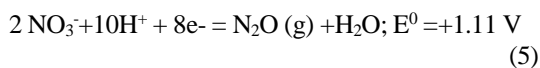
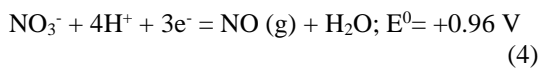
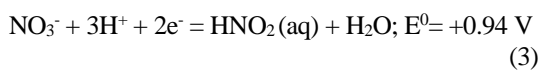
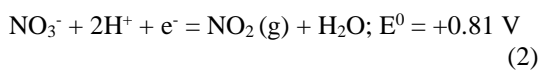
۲ استاد شیمی تجزیه، دانشگاه شهید باهنر کرمان

۳ سرپرست آزمایشگاه کانه آرایی شرکت معدنی و صنعتی گل گهر

۴ پژوهشگر ارشد استخراج و فرآوری، شرکت معدنی و صنعتی گل گهر

۵ رئیس آزمایشگاه گندله سازی شرکت معدنی و صنعتی گل گهر

که نیم واکنش‌های انجام شده به شرح زیر است:



مطالعات مختلفی نشان داده است که برگرداندن عامل لیچینگ به چرخه حذف سولفور امکانپذیر است [۱۱-۱۵]. همانگونه که در واکنش‌های فوق مشخص است انحلال کانی‌های سولفوردار با استفاده از یک فرایند الکتروشیمیایی انجام می‌شود. البته سولفید می‌تواند به سولفور عنصری، سولفیت و یا سولفات تبدیل شود. در این پژوهش تأثیر پارامترهای فیزیکی و شیمیایی مانند دما و اندازه ذرات در حذف کانی‌های سولفور دار از کنسانتره سنگ آهن مورد بررسی قرار گرفته است.

## ۲. داده‌ها و روش تحقیق

### ۲.۱. نمونه برداری و آماده سازی نمونه‌ها

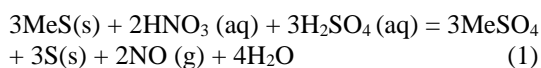
آزمایش‌ها بر روی نمونه کنسانتره سنگ آهن مجتمع گل گهر انجام شد. این نمونه‌ها از نوار نقاله‌ای که پس از جدا کننده مغناطیسی تر خط تولید شماره ۲ گل گهر قرار دارد نمونه برداری شدند. پس از فرآیند جمع آوری، نمونه‌ها خشک شده و همگن شدند. برای اطمینان از یکنواختی نمونه، به مدت ۱۰ روز در هر ۸ ساعت حدود ۳۰۰ گرم نمونه از روی نوار نقاله جمع آوری شد. اندازه میانگین اندازه ذرات ( $K_{80}$ ) کمتر از ۱۰۰ میکرومتر بدست آمد. در این تحقیق، برای انجام خردایش بیشتر از یک آسیا گلوله‌ای استفاده شد.

محتوای مواد شیمیایی و معدنی نمونه‌ها در جدول ۱ نشان داده شده است و شکل ۱ نشان‌دهنده کانی‌های مختلف موجود در کنسانتره سنگ آهن است. میزان آهن کل و آهن (II) با استفاده از روش تیتراسیون اندازه‌گیری شد

حذف سولفور از کنسانتره سنگ آهن به دو روش کلی پیرومتالورژی و هیدرومتالورژی انجام می‌شود. حذف سولفور به روش فلوتاسیون از سنگ معدن آهن، روش مرسوم است که در این روش پس از آسیاب کردن نمونه، انتقال کانی‌های سولفوردار به سطح یک محلول با استفاده از یک عامل کفساز انجام می‌شود.

در روش لیچینگ، بخشی از کانی‌های موجود در سنگ معدن در یک محلول حاوی مواد شیمیایی حل می‌شود و کانی‌های سولفور دار به سولفور عنصری، سولفات و یا سولفیت تبدیل می‌شود. بیولیچینگ معمولاً شامل اکسیداسیون سولفید فلزات با استفاده از یک فرآیند بیولوژیکی است [۵، ۶]. تاکنون فرآیند لیچینگ اغلب برای بازیابی فلزات گرانبها از سنگ معدن استفاده شده است و حذف ناخالصی و انحلال مواد معدنی سولفوردار بر اساس فرآیند لیچینگ به خصوص برای تمیز کردن زغال سنگ از سولفور معدنی نیز گزارش شده است [۷، ۸].

هدف این پژوهش کاهش میزان سولفور کنسانتره سنگ آهن با استفاده از روش لیچینگ است. از لحاظ فنی، مواد شیمیایی با کانی‌های سولفوردار واکنش می‌دهند و این کانی‌ها به مواد محلول و قابل جداسازی از کنسانتره سنگ آهن تبدیل می‌شوند. مواد مورد استفاده و روش انجام لیچینگ باید از لحاظ اقتصادی در مواد اولیه و هزینه عملیات مقرون به صرفه باشد. پارامتر مهم دیگر زمان انجام فرایند است که باید در کمترین زمان ممکن انجام شود. به منظور ارائه یک روش اقتصادی انحلال کانی‌های سولفوردار، لازم است از یک عامل شیمیایی انتخابی و قابل بازیابی استفاده شود. نیتریک اسید یک عامل لیچینگ مناسب برای حذف سولفور از کنسانتره سنگ آهن است زیرا کانی‌های سولفوردار قابلیت انحلال در این محلول را دارند و همچنین عامل لیچینگ را می‌توان بازیابی کرد. نیتریک اسید بر اساس واکنش زیر با کانی‌های سولفوردار وارد واکنش می‌شود:

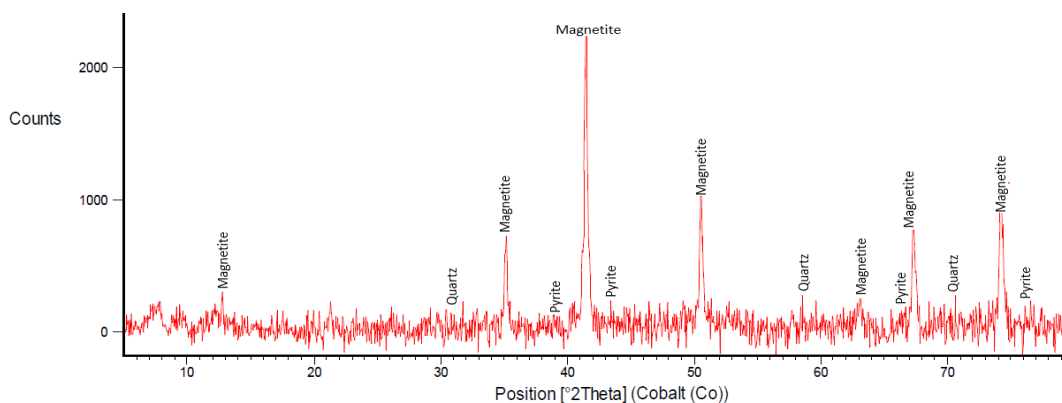


جدول ۱. آنالیز عنصری نمونه کنسانتره سنگ آهن.

Fe	Fe(II)	S	Si	Al	Ca	Mg
٪۶۶/۸	٪۲۱/۱	٪۱/۶۵	٪۰/۹۳	٪۰/۱۶	٪۰/۳۵	٪۱/۲۷

(ASTM-D 3872(2005)، ISO 25971-1(2006)).

آنالیز عنصری کنسانتره سنگ آهن به روش (XRF ISO) (1992) 9516 انجام شد.



شکل ۱. الگوهای پراش XRD کانی‌های موجود در کنسانتره سنگ آهن.

### ۳.۱. اثر درجه حرارت

از آنجا که درجه حرارت می‌تواند بر سرعت انجام واکنش‌های شیمیایی اثرگذار باشد، اثر دما بر راندمان لیچینگ مورد بررسی قرار گرفت. همانطور که در جدول ۲ ارائه شده است، آزمایش لیچینگ در دماهای مختلف در گستره ۷۰-۱۰۰ درجه سانتیگراد به مدت ۳ ساعت در غلظت ثابت از عوامل لیچینگ و اندازه ذرات K80 کمتر از ۱۰۰ میکرومتر انجام شد. برای مشخص کردن دمای بهینه، در هر دما مقدار سولفور کنسانتره بعد از لیچینگ اندازه‌گیری شد. با توجه به نتایج نشان داده شده در شکل ۲، مقدار سولفور در کنسانتره به طور قابل توجهی با افزایش دما به دلیل تأمین حداقل انرژی فعال سازی واکنش کاهش یافته است. علاوه بر این، حرکت سریع تر ذرات در دمای بالا باعث افزایش سرعت انحلال کانیهای سولفوردار می‌شود.

جدول ۲. اثر دما در فرایند لیچینگ در حذف سولفور.

اندازه ذره	دمای لیچینگ (°C)	محتوای سولفور کنسانتره (%)
-۱۰۰ μm	۷۰	۰/۹۹
-۱۰۰ μm	۸۰	۰/۶۱
-۱۰۰ μm	۹۰	۰/۴۲
-۱۰۰ μm	۱۰۰	۰/۳۳

### ۳.۲. روش انجام آزمایش

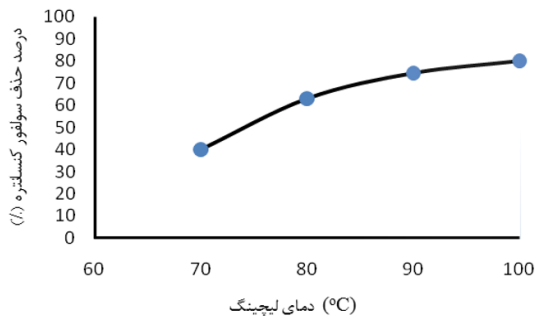
همه آزمایش‌ها در محلول‌های حاوی ۴٪ نیتریک اسید و ۰/۷٪ سولفوریک اسید انجام شد. برای ساخت محلول‌های شیمیایی از آب مقطر استفاده شده است. فرایند لیچینگ در یک ارلن مایر ۲۵۰ میلی‌لیتر بر روی یک اجاق برقی حرارتی انجام شد. برای هر آزمایش لیچینگ، ۲۰ گرم از نمونه کنسانتره همراه با ۱۰۰ میلی‌لیتر از محلول لیچینگ به ارلن اضافه شد و برای یک زمان معین حرارت دادن در دمای مورد نظر انجام شد. پس از اتمام لیچینگ، باقی مانده کنسانتره از طریق یک فیلتر ۰/۴۵ میکرون فیلتر شده و در دسیکاتور جهت ادامه انجام آزمایش‌ها گذاشته شد. برای حذف سولفور عنصری تولید شده در فرآیند لیچینگ، نمونه با حلال تولون استخراج شد. کارایی فرایند لیچینگ با اندازه‌گیری مقدار سولفورها قبل و بعد از تماس کنسانتره با محلول لیچینگ و حلال آلی تعیین شد.

### ۳.۳. تحلیل و بحث و بررسی نتایج

پارامترهای مختلفی می‌تواند بر روی کارایی فرآیند لیچینگ اثرگذار باشد. بنابراین، شرایط مختلف فیزیکی و شیمیایی مورد بررسی قرار گرفت.



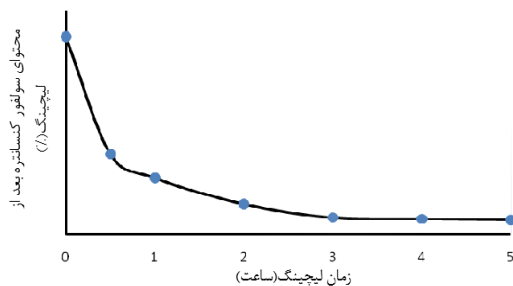
### ۲.۳. اثر زمان لیچینگ



شکل ۲. اثر دما در حذف سولفور به روش لیچینگ.

برای رسیدن به زمان مناسب در فرآیند لیچینگ، کنسانتره سنگ آهن با عامل لیچینگ تماس داده شد و در فواصل زمانی مختلف، حدود ۲ گرم از نمونه از بشر برداشته شد و پس از فیلتر کردن و خشک کردن، توسط تولوئن استخراج شد و پس از خشک کردن و خنک کردن در یک دسیکاتور، مقدار سولفور اندازه گیری شد. همانطور که در جدول ۳ و شکل ۳ نشان داده شده است، با افزایش زمان لیچینگ تا ۳ ساعت کارایی لیچینگ افزایش یافته است.

### ۳.۳. اثر اندازه ذرات



شکل ۳. اثر زمان لیچینگ در فرایند حذف سولفور به روش لیچینگ.

به منظور تعیین اثر اندازه ذره بر کارایی لیچینگ در حذف سولفور، اندازه ذرات ۴۶- میکرومتر، ۷۵- میکرومتر و ۱۰۰- میکرومتر انتخاب شد. خردایش نمونه‌ها توسط آسیاب گلوله‌ای انجام شده است. محتوی سولفور نمونه کنسانتره با اندازه ذرات مختلف پس از انجام لیچینگ در درجه حرارت ثابت واکنش (جوش) و مدت زمان ۳ ساعت اندازه گیری شد. با توجه به نتایج ارائه شده در جدول ۴، مشخص شد که کارایی لیچینگ با کاهش اندازه ذرات افزایش قابل توجهی نداشته است زیرا عامل محدود کننده سرعت حذف سولفور، سرعت واکنش عامل لیچینگ با کانیهای سولفوردار است و سطح تماس کانیها با عامل لیچینگ اهمیت کمتری در سرعت فرایند دارد.

جدول ۳. اثر زمان در فرایند حذف سولفور به روش لیچینگ.

اندازه ذره	زمان لیچینگ (ساعت)	درصد حذف سولفور (%)	محتوای سولفور کنسانتره (%)
۱۰۰ μm	۰	۰	۱/۶۵
۱۰۰ μm	۰/۵	۶۰/۶	۰/۶۵
۱۰۰ μm	۱	۷۳/۳	۰/۴۴
۱۰۰ μm	۲	۸۴/۸	۰/۲۵
۱۰۰ μm	۳	۸۸/۵	۰/۱۹
۱۰۰ μm	۴	۹۲/۱	۰/۱۳
۱۰۰ μm	۵	۹۷/۷	۰/۱۲

### ۴.۳. اثر حلال‌های آلی

همانطور که در مقدمه بیان شد، سولفور یکی از محصولات جانبی تولید شده در فرایند لیچینگ است که باید از کنسانتره جدا شود. سولفور عنصری را می‌توان به راحتی توسط یک جدا کننده مغناطیسی آزمایشگاهی (Divis tube) و یا استخراج با حلال آلی جداسازی کرد. در این مطالعه، یک حلال آلی (تولوئن) برای استخراج سولفور عنصری از کنسانتره استفاده شد. برای این منظور، یک ۱۰۰ میلی لیتر حلال تولوئن برای استخراج هر نمونه ۲۰ گرم از کنسانتره که تحت عمل لیچینگ قرار گرفته است استفاده شد. استخراج حداقل به مدت ۳ چرخه به مدت ۱۰ دقیقه در دمای جوش انجام شد.

جدول ۴. اثر اندازه ذره در فرایند حذف سولفور به روش لیچینگ.

اندازه ذره	زمان لیچینگ (ساعت)	درصد حذف سولفور (%)	محتوای سولفور کنسانتره (%)
۴۵ μm	۳	۹۵/۰	۰/۰۸
۷۶ μm	۳	۹۲/۸	۰/۱۲
۱۰۰ μm	۳	۹۱/۵	۰/۱۳

## تقدیر و تشکر

از حمایت و پشتیبانی دانشگاه شهید باهنر و شرکت معدنی و صنعتی گل گهر در این تحقیق تشکر و قدردانی می‌گردد.

## مراجع

- [1] J. Vahid Soltanmohammadi, Mohammad Noaparast, Amir Hossein Kohsari, Farshid Zamani "influence of flotation parameters on decreasing sulfur and phosphorus content in the gol-e-gohar iron ore concentrate", Physicochem. Probl. Miner. Process, 2011, 46, pp. 173-190.
- [2] Wang Changxiang, "Iron Ore Flotation Activator of Desulfurization. Express Information of Mining Industry, 2001, 55(10), pp. 5-7.
- [3] Zhang Xingwang, Zhang Qin, Huang Lili, Sun Zhiyong, Deng Bing, "Reduction of Iron Ore Flotation Chengchao Sulfur Study 2009, 396, pp. 91-94.
- [4] Hu Weibai. "Flotation", Beijing Metallurgical Industry Press, 1983.
- [5] Pronk, R. Meulenberg, W. Hazeu, P. Bos and J. G. keunen "oxidation of pyrite-reduced inorganic sulphur compounds bi acidophilic thiobacili", FEMS microbiology Reviews, 1990, 75, pp. 203-206.
- [6] J. Alafara A. Baba; Adekola, F A; Lawal, A J; "Investigation of Chemical and Microbial Leaching of Iron ore in Sulphuric acid", J. Appl. Sci. Environ. Manage, March 2007, Vol. 11 (1), pp 39-44.
- [7] M. Descostes, P. Vitorge, and C. Beaucaire "Pyrite dissolution in acidic media", Geochimica et Cosmochimica Acta, 2004, Vol. 68, No. 22, pp. 4559-4569.
- [8] J. W. Hamersma, M. L. Kraft, E. P. Koutsoukos, R. A. meyers "chemical removal of pyritic sulfur from coal", TRW systems group, one space park, redono beach, California, 90278
- [9] Lauri Rusanen, Jari Aromaa, Olof Forsen "pressure oxidation of pyrite-arsenopyrite refractory gold concentrate", J. of Mining Eng., V: 12, pp. 20-24.
- [10] Rankin, H. D., "Method of treating metalliferous materials and recovering solvents used", 1915, U.S. Patent No: 1150787.
- [11] Anderson, C. G., 2003, "Treatment of copper ores and concentrates with industrial nitrogen species catalyzed pressure leaching and noncyanide precious metals recovery", J. of Metals, pp. 32-36.
- [12] Ozge Gok, "leaching of sulfide ores with the participation of nitrogen species-a review", The Journal of ore dressing, Volume 12 - Issue 24.
- [13] Queneau P. B., and Prater, J. D., "Nitric acid process for recovering metal values from sulfide ore materials containing iron sulfides", 1974, U.S. Patent No: 3793429.
- [14] Brennecke, H. M., Bergmann, O., Ellefson, R. R., Davies, D. S., Leuders, R. E., and Spitz, R. A., 1981, "Nitric-sulfuric leach process for recovery of copper from concentrate", J. of Mining Eng., V: 12, pp. 20-24.
- [15] Anderson, C. G., Harrison, K. D., and Krysl, L. E., 1994, "Process integration of sodium nitrite oxidation and fine grinding in refractory precious metal concentrate pressure leaching", Precious Metals, 1994, PA.

پس از انجام استخراج، کنسانتره از طریق یک کاغذ صافی فیلتر شد و در آون خشک کردن در ۱۸۰ درجه سانتیگراد خشک شد. همانطور که جدول ۵ نشان داده شده است مقدار سولفور نمونه ای که پس از لیچینگ استخراج با حلال آلی هم انجام شده است به طور قابل توجهی بالاتر از نمونه ای است که تنها عمل لیچینگ بر روی آن انجام شده است. این نتیجه تایید می‌کند که برخی از ترکیبات سولفوردار در سنگ آهن به سولفور عنصری تبدیل شده است.

جدول ۵. اثر آلی استخراج با حلال آلی در حذف سولفور

به روش لیچینگ.

حلال استخراج	درصد حذف	محتوای سولفور	زمان لیچینگ	اندازه ذره
-	۶۵	۰/۵۸%	۳	۱۰۰ μm
تولون	۸۸	۰/۱۹%	۳	۱۰۰ μm

## ۴. نتیجه گیری

در این مطالعه، یک روش لیچینگ شیمیایی برای جداسازی سولفور از کنسانتره سنگ آهن به منظور افزایش کیفیت کنسانتره تولیدی عنوان ماده خام در تولید فولاد مورد استفاده قرار گرفت. کاهش مقدار سولفور کنسانتره سبب افزایش قیمت کنسانتره و همچنین کاهش مسائل زیست محیطی، به ویژه دی اکسید سولفور در طول فرآیند گندله و یا ذوب می‌شود. به منظور کارایی حداکثری لیچینگ، چندین پارامتر تجربی بهینه سازی شد. نتایج به دست آمده از این مطالعه نشان داد که حذف سولفور در دمای بالا سرعت بسیار بیشتری دارد. اما اندازه ذره تأثیر چندانی بر کارایی روش ندارد و در نهایت، یکی از مزایای اصلی این روش تبدیل کانی‌های سولفور دار در کنسانتره سنگ آهن به محصولات جانبی مفید است. سولفور عنصری یکی از این محصولات است. سولفور عنصری تولید شده که در ماتریس کنسانتره پراکنده شده است را می‌توان با روش جداسازی مغناطیسی و یا تقطیر در خلاء و یا استخراج با حلال جدا سازی کرد.





# ارزیابی تولید کک جهان در سال ۲۰۱۶

تهیه و تنظیم: مهندس محمدحسن جولزاده  
عضو هیئت مدیره انجمن آهن و فولاد ایران

## مقدمه

کک مواد اصلی احیاء و ذوب کننده سنگ آهن در کوره بلندها بحساب می آید. میزان تولید چدن مذاب جهان در سال ۲۰۱۶، ۱۱۵۹،۳ میلیون تن بوده است. میزان تولید کک دنیا نیز ۶۴۹،۱۲۸ میلیون تن گزارش شده است. بر روی کیفیت کک کیفیت اجزای ذغال، آماده سازی بلند ذغال، عملیات خاموش کردن و پارامترهای فرایند کک سازی مهمترین عوامل تأثیر گذار هستند. بزرگترین تولید کننده کک جهان با ۴۴۹،۱۱ میلیون تن کشور چین بوده است. سهم نواحی اتحادیه اروپا و شمال آمریکا و کشورهای مشترک المنافع در تولید کک جهان ۳۸،۷۴۵، ۱۴،۲ و ۴۳،۲۲۶ میلیون تن بر آورد شده است. سهم قاره آسیا و آمریکای لاتین در تولید کک، به ترتیب ۵۳۰ و ۱۳،۱ میلیون تن گزارش شده است. کشورهای خاور میانه - شمال آفریقا و جنوب آفریقا به ترتیب ۵،۵۸ و ۱،۸۲۴ میلیون تن کک تولید کردند. میزان تولید کک بزرگترین شرکت فولاد جهان آرسلور میتال در سال قبل ۲۵،۴ میلیون تن به ثبت رسیده است. در بین کشورهای اسلامی کشور ترکیه با تولید ۴،۴۸ میلیون تن کک در رأس قرار دارد. سهم شرکت های گروه ادمیر و کاردمیر در تولید کک ترکیه به ترتیب ۳،۳۲ و ۱،۰۶ میلیون تن اعلام شده است. در سال ۲۰۱۶ نسبت تولید کک به چدن مذاب در جهان و کشور چین به ترتیب ۵۵،۶ و ۶۴ در صد برآورد شده است.

## تولید کک در کشورهای مختلف جهان

در سال ۲۰۱۶ در جهان بالغ بر ۶۴۹ میلیون تن کک تولید شده است. سهم کشور چین در این تولید ۶۹،۲ بوده است.

در شکل ۱ روند تولید کک کشور چین، دنیا و جهان بدون چین مشاهده می گردد. حداکثر تولید کک جهان در سال ۲۰۱۳ به میزان ۶۸۵ میلیون تن بدست آمده است. حداکثر تولید کک کشور چین نیز در سال ۲۰۱۴ به میزان ۴۷۷ میلیون تن حاصل شده است. جدول ۱ نیز بیانگر روند تولید کک جهان و کشور چین است. کشورهای ژاپن و روسیه به ترتیب با تولید ۳۱،۱۵۶ و ۲۸،۶۲۸ میلیون تن کک در رده های دوم و سوم جهان ایستاده اند. میزان تولید کک قاره آسیا بدون چین ۸۰،۹ میلیون تن محاسبه شده است. در جدول ۲ تولید کنندگان کک قاره آسیا از نظر می گذرد. تولید کک در کشور ویتنام ۱۰۰٪ به روش بازیافت حرارت انجام می گیرد. ۱۵٪ کک کشور چین با فرایند بازیافت حرارتی حاصل می شود. در جدول ۳ روند تولید کک کشور ژاپن نشان داده شده است. در سال گذشته کشور هند ۲۱،۶۵ میلیون تن کک تولید کرده و رده چهارم جهان قرار گرفته است. در اتحادیه اروپا بیشترین کک را کشور لهستان به میزان ۹،۴ میلیون تن تولید کرده است. کشورهای آلمان و فرانسه نیز به ترتیب با تولید ۹،۳۸۷ و ۳،۲ میلیون تن کک در رده های دوم و سوم اروپا قرار گرفتند. در جدول ۴ کشورهای تولید کننده کک اتحادیه اروپا دیده می شود. در این ناحیه تولید کک به روش بازیافت مواد شیمیایی صورت می گیرد. در بین کشورهای مشترک المنافع بیستین کک را روسیه به میزان ۲۸،۶۲۸ میلیون تن تولید کرده است. در جدول ۵ میزان تولید کک این نواحی به نمایش درآمده است. میزان تولید مصرف کک شرکت فولاد آرسلور میتال به ترتیب ۲۵،۴ و ۲۹ میلیون تن بوده است. در این شرکت همراه با کک ۸،۹ میلیون تن پودر ذغال نیز به کوره بلندها تزریق شده

جدول ۲. تولید کنندگان کک قاره آسیا در سال ۲۰۱۶.

کشور	تولید (میلیون تن)
چین	۴۴۹,۱۱
ژانن	۳۳,۱۵۹
هند	۲۱,۶۵
کره جنوبی	۱۷,۵۲۸
تایوان	۶,۲۲۷
ویتنام	۱,۲۱۸
اندونزی	۱,۱۴۷
جمع	۵۳۰,۰۳۹

جدول ۳. روند تولید کک کشور ژاپن.

Year	Production (MMT)	Year	Production (MMT)
1993	42.79	2005	38.1
1994	41.99	2006	38.08
1995	42.6	2007	38.35
1996	41.26	2008	38.3
1997	41.22	2009	37.5
1998	39.55	2010	37.5
1999	36.47	2011	35.4
2000	38.4	2012	34.7
2001	38	2013	35.5
2002	37.91	2014	33
2003	38.54	2015	33
2004	38.31	2016	33.16

جدول ۴. تولید کنندگان کک اتحادیه اروپا در سال ۲۰۱۶.

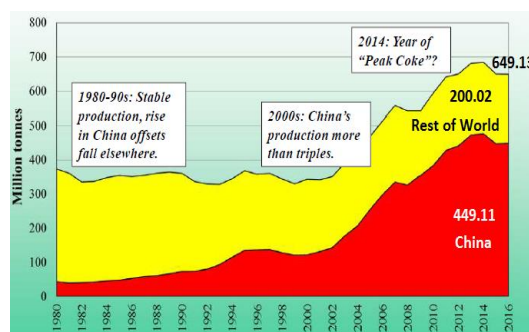
ردیف	کشور	تولید (میلیون تن)	ردیف	کشور	تولید (میلیون تن)
۱	لهستان	۹,۴	۹	بلژیک	۱,۲۶
۲	آلمان	۹,۳۸۷	۱۰	اتریش	۱,۲۵
۳	فرانسه	۳,۲	۱۱	انگلستان	۱,۲
۴	چک	۲,۰۸۴	۱۲	سوئد	۱,۰۹۴
۵	هلند	۲,۰۵	۱۳	مجارستان	۰,۸۹
۶	ایتالیا	۱,۹۸۸	۱۴	فنلاند	۰,۸۸۲
۷	اسلواکی	۱,۷۵	۱۵	یونانی	۰,۸۰۵
۸	اسپانیا	۱,۵۰۴	۱۶	جمع	۳۸,۲۴۵

جدول ۵. تولید کنندگان کک ناحیه کشورهای

مشترک المنافع در سال ۲۰۱۶.

کشور	تولید (میلیون تن)
روسیه	۲۸,۶۲۸
اکراین	۱۲,۲۴۸
قزاقستان	۲,۳۵
جمع	۴۳,۲۲۶

است. ظرفیت تولید شرکت آرسلور میتال کک ۳۲,۸ میلیون تن اعلام شده است. میزان مصرف کک شرکت یاد شده ۲۹ میلیون تن برآورد شده است. میزان تولید کک شرکت آرسلور میتال لهستان در سال گذشته بالغ بر ۴,۶۳ میلیون تن بوده است. شایان ذکر است شرکت آرسلور میتال لهستان بزرگترین تولید کننده کک اروپا به حساب می آید. میزان مصرف کک در شرکت آرسلور میتال برزیل ۴۲۹ هزار تن بوده است. میزان تولید کک میزان تولید کک شرکت آرسلور میتال Gent بلژیک نیز ۱,۲ میلیون تن بوده است. یکی از شاخص های مهم اقتصادی میزان مصرف کک برای هر تن چدن مذاب تولیدی است. این نرخ برای کوره بلندهای آلمان در سال گذشته ۳۲۷,۶ کیلوگرم کک بر تن چدن مذاب برآورد شده است. شایان ذکر است سوخت های کمکی پودر ذغال و مازوت استفاده شده در کوره بلندهای آلمان در سال قبل به ترتیب ۱۷۱ و ۱,۵ کیلوگرم بر تن چدن مذاب بوده است. ضمناً میزان کک مصرفی در تولید زینتر نیز ۴۲,۴ کیلوگرم بر تن چدن مذاب گزارش شده است.

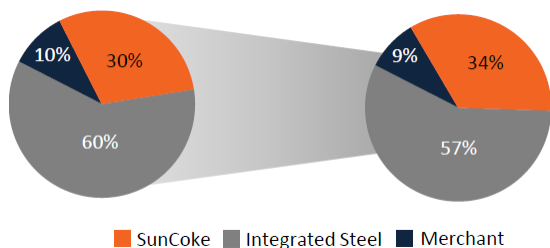


شکل ۱. روند تولید کک جهان و سهم کشور چین.

جدول ۱. روند تولید کک جهان و کشور چین

در ۱۷ سال اخیر.

Year	China Pro.	World Pro.	Year	China Pro.	World Pro.
2000	12.1.8	343.7	2009	345	521
2001	131.3	341.5	2010	400	608.4
2002	142.9	350.8	2011	427.8	644
2003	177.8	391.1	2012	443	654
2004	206.2	432.6	2013	476	685
2005	254.1	462.7	2014	477	682
2006	297.7	514.9	2015	447.8	651.7
2007	321.7	544.9	2016	449.1	649.13
2008	327	545			



شکل ۲. توزیع ظرفیت تولید اسمی و مؤثر باطری‌های کک سازی کشور آمریکا.

جدول ۶. تولید کنندگان کک ناحیه آمریکای لاتین در سال ۲۰۱۶.

کشور	تولید (میلیون تن)
برزیل	۹,۵۳۵
آرژانتین	-۰,۷۶
کلمبیا	۲,۳۹۲
شیلی	-۰,۳۵۹
جمع	۱۳,۰۶۶

جدول ۷. مشخصات باطری‌های کک سازی شرکت سان کک آمریکا به روش بازیافت حرارت.

Facility	Location	Customer	Year of Start Up	Contract Expiration	Number of Coke Ovens	Cokemaking Capacity (thousands of tons)	Use of Waste Heat
<b>Owned and Operated:</b>							
Jewell	Vansant, Virginia	ArcelorMittal	1962	2020	142	720	Partially used for thermal coal drying
Indiana Harbor	East Chicago, Indiana	ArcelorMittal	1998	2023	268	1,220	Heat for power generation
Haverhill	Phase I Franklin Furnace, Ohio	ArcelorMittal	2005	2020	100	550	Process steam
	Phase II Franklin Furnace, Ohio	AK Steel	2008	2022	100	550	Power generation
Granite City	Granite City, Illinois	U.S. Steel	2009	2025	120	650	Steam for power generation
Middletown <sup>(1)</sup>	Middletown, Ohio	AK Steel	2011	2032	100	550	Power generation
<b>Total</b>					830	4,240	
<b>Operated:</b>							
Vitória	Vitória, Brazil	ArcelorMittal	2007	2023	320	1,700	Steam for power generation
<b>Total</b>					1,150	5,940	
<b>Equity Method Investment:</b>							
VISA SunCoke <sup>(2)</sup>	Odisha, India	Various	2007	NA	88	440	Steam for power generation
<b>Total</b>					1,238	6,380	

سان ککک در سال گذشته در آمریکا جمعاً ۵,۶۹۵ میلیون تن ککک به روش بازیافت حرارت تولید کرده است. مشخصات باطری‌های ککک سازی شرکت سان ککک آمریکا به روش بازیافت حرارت در جدول ۷ ارائه شده است. ظرفیت تولید اسمی و مؤثر باطری‌های ککک سازی آمریکا به ترتیب ۱۴ و ۱۱,۹ میلیون تن است. در شکل ۲ توزیع ظرفیت تولید اسمی و مؤثر باطری‌های ککک سازی کشور آمریکا مشاهده می‌گردد. در منطقه خاور میانه و شمال آفریقا ترکیه با تولید ۴,۳۸ میلیون تن ککک در رده اول ایستاده است. میزان تولید ککک جمهوری اسلامی ایران ۱,۱ میلیون تن برآورد شده است. سهم ذوب آهن اصفهان در تولید ککک ایران نزدیک به ۹۸۱ هزار تن برآورد شده است. سهم کشور مصر در این منطقه ۱۰۰ هزار تن بوده است. کل تولید این ناحیه ۵,۵۸ میلیون تن بوده است. در جنوب آفریقا کشور های آفریقای جنوبی و

در ناحیه شمال آمریکا ایالات متحده با ۱۰,۷۳۸ میلیون تن پیشتاز است. در کشور آمریکا در سال گذشته ۳,۹۵۴ میلیون تن ککک به روش بازیافت حرارتی تولید شده است. واز طرف دیگر در دو سال گذشته در آمریکا ۲,۵ میلیون تن ظرفیت ککک سازی (بازیافت شیمیایی) تعطیل شده است. کشورهای کانادا و مکزیک به ترتیب با تولید ۲,۰۸۱ و ۱,۳۸۱ میلیون تن در رده‌های بعدی قرار دارند. در سال گذشته کل تولید ککک این ناحیه ۱۴,۲ میلیون تن بوده است. در آمریکای لاتین میزان تولید ککک در سال قبل ۱۳,۰۶۶ میلیون تن گزارش شده است. کشور برزیل با تولید ۹,۵۲۵ میلیون تن ککک در رده اول قرار گرفته است. شایان ذکر است در کشور برزیل، ۱,۷۴۱ میلیون تن ککک توسط شرکت سان ککک به روش بازیافت حرارتی تولید شده است. در جدول ۶ تولید کنندگان ککک ناحیه آمریکای لاتین در سال ۲۰۱۶ نمایان شده است. شرکت

یورو بر تن بوده است. میزان صادرات کک لهستان در سال قبل ۵,۹ میلیون تن گزارش شده است. میزان واردات کک کشور آلمان در سال قبل ۱,۷۶ میلیون تن به ثبت رسیده است. بیشترین واردات کک آلمان از کشور لهستان به میزان ۱,۳ میلیون ثبت شده است. میزان واردات و صادرات کک اکراین در سال ۲۰۱۶ به ترتیب ۰,۲۵۷ و ۱,۲۶ میلیون تن گزارش شده است.

جدول ۸. میزان تولید کک در نواحی مختلف جهان در سال ۲۰۱۶.

Region	MTT
Europe	38.8
CIS	43.2
North America	14.2
Latin America	13.1
Sub-Saharan Africa	1.82
Maghreb & Middle East	5.6
Asia	530
Asia excl China	80.9
Australia	2.5
Total	649.1
Total excl China	200

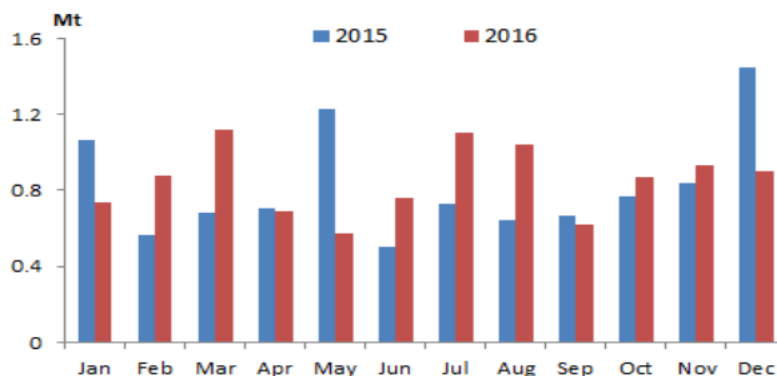
جدول ۹. روند صادرات کک کشور چین.

Year	MMT
2007	15.3
2008	12.1
2009	0.45
2010	3.35
2011	3.3
2012	1
2013	6.67
2014	8.6
2015	9.85
2016	10.12

زیمباوه به ترتیب ۱,۷۵۴ و ۰,۰۷ میلیون تن کک تولید کرده‌اند. میزان تولید کک کشور استرالیا در سال ۲۰۱۶، ۲,۴۴۸ میلیون تن ثبت شده است. جدول ۸ نشانگر میزان تولید کک در نواحی مختلف دنیا در سال ۲۰۱۶ است. میزان صادرات و واردات کک کشور آمریکا به ترتیب ۹۰۷ و ۲۰۸ هزار تن بوده است.

## صادرات کک دنیا

حجم صادرات کک جهان در سال گذشته ۲۵ میلیون تن به ثبت رسیده است. سهم کشور چین در این صادرات ۱۰,۱۲ میلیون تن به ارزش ۱,۴۳ میلیارد دلار بوده است. در شکل ۳ روند صادرات کک چین در ماه‌های مختلف سال‌های ۲۰۱۵ و ۲۰۱۶ دیده می‌شود. سهم صادرات کک استان Shanxi ۷,۶۵ میلیون تن بوده است. در جدول ۹ روند صادرات کک کشور چین از نظر می‌گذرد. میانگین قیمت صادرات کک کشور چین ۱۴۱,۳۶ دلار بر تن گزارش شده است. ۴۴۲ میلیون تن کک در داخل کشور چین به مصرف رسیده است. میزان واردات کک هند و ژاپن از چین به ترتیب، ۲,۷۱ و ۲,۲۲ میلیون تن بوده است. میزان واردات کک آفریقای جنوبی از کشور چین ۲,۱۵ میلیون تن بوده است. از طرفی میزان واردات کک ویتنام و کره جنوبی از چین نیز به ترتیب، ۴۳۱ و ۲۹۹ هزار تن بوده است. در شکل ۴ میانگین قیمت صادرات کک چین در ماه‌های مختلف سال‌های ۲۰۱۵ و ۲۰۱۶ دیده می‌شود. در ماه دسامبر ۲۰۱۶ میزان صادرات کک کشور چین ۹۰۰ هزار تن به ارزش ۱۸۴,۹۹ میلیون دلار بوده است. میانگین قیمت صادرات کک کشور جمهوری چک و لهستان ۱۵۱



شکل ۳. روند صادرات کک چین در ماه‌های مختلف سال‌های ۲۰۱۵ و ۲۰۱۶.



## آیا مردانند؟

❖ میزان تولید فولاد خام شرکت آرسلور میتال لوکزامبورگ، ۲/۱۳ میلیون تن بوده است.

❖ میزان تولید فولاد خام به روش کنورتور اکسیژنی (۱۰۰ درصد) شرکت Bremen آرسلور میتال در آلمان، ۳/۳ میلیون تن به ثبت رسیده است.

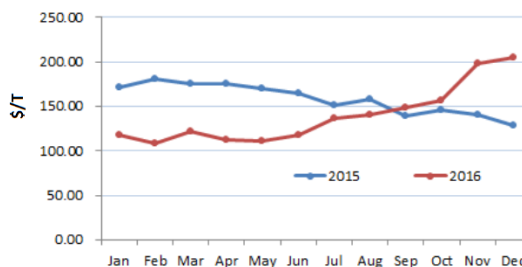
❖ رضایت مشتریان داخلی محصولات تولید شرکت آرسلور میتال، ۹۴ درصد گزارش شده است.

❖ سهم بیلت - بلوم و تختال در فروش محصولات شرکت آرسلور میتال به ترتیب ۴ و ۵ درصد بوده است.

❖ در شرکت آرسلور میتال آلمان، با استفاده از ۱/۷ میلیون تن قراضه از انتشار ۲/۲ میلیون تن گاز CO<sub>2</sub> جلوگیری شده است.

❖ ظرفیت تولید کک شرکت آرسلور میتال، ۳۳/۳ میلیون تن گزارش شده است.

(مرجع فولاد ۹۵)



شکل ۴. میانگین قیمت صادرات کک چین در ماه‌های مختلف سال‌های ۲۰۱۵ و ۲۰۱۶.

### نتیجه‌گیری

- ❖ در سال ۲۰۱۶ در دنیا ۶۴۹,۱ میلیون تن کک تولید شده است که ۲۵ میلیون تن آن به نقاط دیگر جهان صادر شده است (۳,۹ درصد کل تولید جهان). سهم کشور چین در این صادرات کک ۱۰,۱۲ میلیون تن به ارزش ۱,۴۳ میلیارد دلار بوده است.
- ❖ کشور چین بزرگترین تولید کننده، مصرف کننده و صادر کننده کک جهان است. بیش از ۶۹٪ کک جهان در کشور چین تولید شده است.
- ❖ فرایند تولید کک به روش بازیافت حرارتی بطور روزافزون در حال رشد است. هم اکنون ۱۵٪ کک تولیدی چین، ۲۹٪ کک آمریکا و ۱۰۰٪ کک ویتنام به روش بازیافت حرارت تولید می‌شود. در سال ۲۰۱۶ شرکت سان کک در آمریکا و برزیل به ترتیب ۳,۹۵۴ و ۱,۷۴۱ میلیون تن کک را به روش بازیافت حرارت تولید و به فروش رسانده است.
- ❖ کک لازمه مواد احیا کننده تولید چدن مذاب در کوره بلند است. میزان مصرف آن بستگی به کیفیت کک، مواد آهن‌دار و تجهیزات بکار رفته دارد. تزریق سوخت‌های کمکی بخصوص تزریق پودر ذغال میزان مصرف کک گران قیمت را در کوره بلند پائین می‌آورد.
- ❖ در سال ۲۰۱۶ میانگین قیمت صادرات کک چین و لهستان - جمهوری چک به ترتیب ۱۴۱,۳۶ دلار بر تن و ۱۵۱ یورو بر تن بوده است.

# بهبود فرآیند تولید و مصرف مواد نسوز در کوره قوس الکتریکی توسط مدلسازی پیشرفته سر باره<sup>۱</sup>

ترجمه: محمدحسین نشاطی

و حداقل هزینه‌های خاص، هدف اصلی از هم فکری مدیریت کارخانه فولاد، مهندسان تولید و تامین کننده مواد نسوز است. با وجود این، طول عمر مواد MgO-C برای دیواره‌های EAF و مخلوط‌های کوبیدنی با پایه MgO برای بستر کوره EAF، به مکانیزم‌های مختلف فرسایش ناشی از نحوه بهره برداری از قوس الکتریکی، مشعل‌های اکسیژن، لنس‌ها و تزریق کننده‌ها، و سر باره فرآیند محدود می‌شود:

۱- وقوع کوتاه مدت تابش زیاد قوس بار حرارتی به کناره‌ها و دیواره‌های نسوز را افزایش می‌دهد. شیب حرارتی بالا در پوشش آجر MgO-C به الگوهای تنش نامطلوب، تشکیل ترک‌ها و تضعیف ریزساختار مواد نسوز منجر می‌گردد.

۲- میزان بالای اکسیژن در فولاد مذاب، شرایط بسیار اکسید کننده فاز گاز، یا FeOx زیاد در سر باره به کربن زدایی آجرهای MgO-C، تلفات چسب (بایندر) کربن و افزایش تشکیل اکسیدهای مایع در مواد نسوز به علت تشکیل اکسیدهای آهن سه ظرفیتی منتج می‌شود.

۳- خوردگی شیمیایی مواد نسوز بر پایه MgO توسط سر باره اشباع نشده از MgO ریزساختار مواد MgO را ناپایدار می‌کند. خوردگی شیمیایی مواد نسوز MgO ناپدید می‌شود اگر سر باره از MgO اشباع شده باشد. بازیسته سر باره  $(x_{CaO}/x_{SiO_2} = "CaO/SiO_2" = "C/S")$  و FeOx محتوی آن تاثیر مهمی بر غلظت اشباع از MgO دارند. هر سه مکانیزم با سهم متفاوتی به فرسایش کناره‌ها و دیواره‌ها در EAF کمک می‌کنند. شکل ۱ نمونه‌ای از یک الگوی معمول فرسایش خط سر باره در نزدیکی منطقه

## خلاصه

با محاسبات ترموشیمیایی برای مجموعه تعادل فاز ترکیبات در سیستم چهار وجهی  $CaO-SiO_2-FeO-MgO$ ، دسته‌ای از نمودارهای ساده بمنظور بررسی رفتار اشباع نمونه‌های سر باره EAF با دقت بالا استنتاج شد. خطوط اشباع محاسبه شده بسیار نزدیک به ترکیب شیمیایی سر باره‌های EAF می‌باشند، بنابراین پیش‌بینی ترکیب شیمیایی سر باره‌های EAF با نمودارهای فاز اندازه کمتر کاربردی ندارد. علاوه بر ارزیابی ترکیب شیمیایی سر باره‌ها از لحاظ اشباع با MgO، تجزیه و تحلیل تلفات MgO توسط موازنه جرم CaO و MgO و پارامترهای فرآیندی EAF ابزار بسیار آموزنده‌ای برای به دست آوردن اطلاعات در مورد دلایل فرسایش پوشش نسوز کوره توسط فرآیند یک EAF خاص است. توسط ترکیبی از این ابزار تجزیه و تحلیل فولادسازان با EAF اطلاعات بیشتر و بینشی را در مورد فرآیند EAF و تاثیر آن بر فرسایش پوشش نسوز کوره از نمونه‌های سر باره به دست می‌آورند.

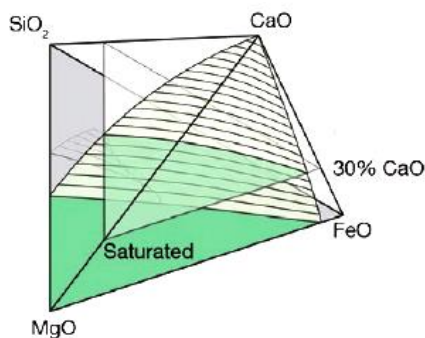
## مقدمه

یک مدل جدید و جامع سر باره بمنظور ارزیابی داده‌های ترکیب شیمیایی سر باره ارائه شده است. تفسیر شکل‌های اشباع از MgO بر اساس محاسبات پیچیده ترموشیمیایی آسان است و پیش‌بینی‌های بیش از حد ساده شده و محدودیت‌های رایج را منسوخ می‌کند. این نمودارها امکان تجسم کنترل جاری  $MgO, SiO_2$  و FeO را فراهم می‌کنند و نکاتی را برای بهبود استفاده از سر باره سازها، بهینه کننده‌های سر باره، تزریق کربن و اکسیژن ارائه می‌دهند. مطالعات موردی ارائه شده است.

آماده بکاری بالای کوره قوس الکتریکی (EAF)، یعنی، عمر طولانی پوشش نسوز EAF در شرایط حداکثر ایمنی

اکسیدهای "اسیدی"  $\text{SiO}_2$  و  $\text{Al}_2\text{O}_3$ ،  $\text{FeOx}$ ،  $\text{CaF}_2$  در نظر گرفته می شود. محدوده های خاصی برای این نسبت ها به عنوان دستورالعمل های ارزشمند و عملی در هنگام عدم دسترسی به نمودارهای فازی چند جزئی یا محاسبات بکار گرفته می شوند.

ترکیب شیمیایی سرباره های EAF به دلیل اجزای اکسیدی در نظر گرفته شده در اینجا فراتر از نمودارهای فازی تحقیق و منتشر شده در طی ۳۰-۲۰ سال پیش بودند. طرح مورد نظر یک روش عمومی برای برونیابی اطلاعات از نمودارهای مورد بررسی تا ترکیبات چند جزئی و استنتاج نمودارهای مفید برای استفاده روزانه توسط مهندسان کارخانه های فولاد بود. امروزه، اثبات شده که نرم افزارهای ترموشیمیایی ابزار پایدار و قابل اعتمادی بمنظور تعیین وضعیت اشباع سرباره توسط تعادل ترموشیمیایی یا روش حداقل رساندن انرژی گیبس است. پایگاه داده های مربوطه به میزان قابل توجهی بهبود یافته، بزرگ شده، بهینه سازی و آزموده شده اند. حال سیستم  $\text{CaO-SiO}_2\text{-FeO-MgO-Al}_2\text{O}_3$  یکی از بهترین سیستم های اکسید تحقیق شده و بهینه سازی شده (زیر  $1700^\circ\text{C}$  و  $50$  درصد  $\text{FeO}$ ) می باشد. مهمترین مزیت این رویکرد این است که مجموعه فازها دقیقاً در فضای چند جزئی و دما (برای مثال، شکل ۲) تعیین می شود. از نرم افزار FactSage و بانک های اطلاعات بمنظور استخراج ترکیبات اشباع در ترکیب معمولی سرباره EAF و دماهای تخلیه استفاده شد.



شکل ۲. سطح اشباع از MgO در چهار وجهی ترکیب  $\text{CaO-SiO}_2\text{-FeO-MgO}$  در  $1600^\circ\text{C}$ .

سایر زمینه های پایداری البوین /فورستريت، کلسیم-سیلیکات یا آهک به ندرت تحت پوشش سرباره های EAF قرار می گیرند و (برای سادگی) نشان داده نمی شود.

گرم ۲ (هات اسپات ۲) ناشی از خوردگی توسط سرباره EAF در دمای بالا را نشان می دهد.

سرباره های اشباع از MgO به منظور دستیابی به سرباره پفکی کارآمد نیز مفیدند، زیرا ویسکوزیته ظاهری در حالت اشباع به میزان مورد نیاز افزایش می یابد. Pretorius این اصول شیمی فیزیکی عملیات سرباره و فرسایش مواد نسوز را به شیوه ای جامع و مفصل توضیح می دهد، و راهنمایی های عملیاتی و نمودارهای هم-پایداری (ایزو-استیلیتی) وی به ابزارهای به طور گسترده پذیرفته شده ای در جامعه فولادسازی در سراسر جهان تبدیل شده اند.

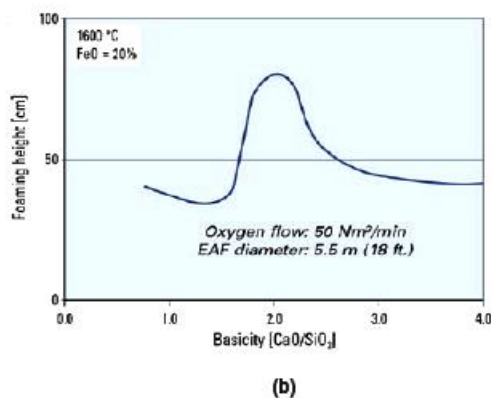
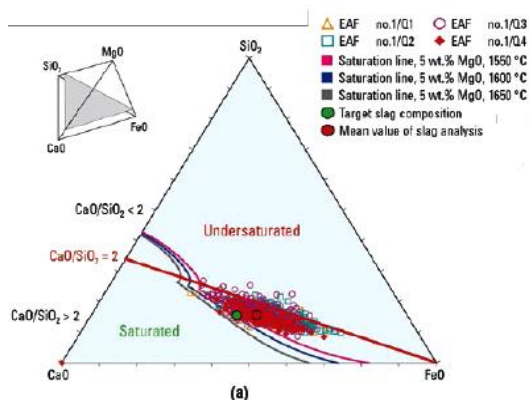


شکل ۱. خوردگی گسترده در خط سرباره ناشی از: (۱) انحلال مواد  $\text{MgO}$  در سرباره و (۲) بار حرارتی بالا توسط تابش قوس الکتریکی.

### شکل های ساده اما دقیق برای اشباع سرباره های EAF

ترکیب شیمیایی سرباره EAF عمدتاً توسط اجزای اصلی آن  $\text{CaO-SiO}_2\text{-FeO-MgO}$  بیان می شود. اجزای اضافی ثانویه در محدوده معمول ۳-۷ درصد  $\text{MnO}$ ، ۲-۵ درصد  $\text{Cr}_2\text{O}_3$ ، ۰/۵-۲ درصد  $\text{TiO}_2$  و ۰/۱-۱/۵ درصد  $\text{BaO}$ ،  $\text{P}_2\text{O}_5$ ،  $\text{S}$  می باشند. سایر اجزای سرباره همانند  $\text{S}$ ،  $\text{P}_2\text{O}_5$ ،  $\text{BaO}$ ، و غیره، کمتر از ۱ درصد، به شرطی که قراضه فولادی یا آهن اسفنجی (DRI) شارژ شوند. این اجزای ثانویه اثر اندکی بر اکتیویته  $\text{MgO}$  یا غلظت اشباع از  $\text{MgO}$  ناشی از غلظت کم یا ضرایب اکتیویته نزدیک به ۱ دارند. مشخص شده است که بازبسته  $\text{C/S}$  مهمترین تأثیر را بر ترکیب مناسب سرباره EAF دارد. فرسایش مواد نسوز به حداقل می رسد و پفکی کردن سرباره در مقادیر  $B_2 = \text{C/S} \geq 2$  بهترین است. مقادیر بازبسته کمی متفاوت، برای مثال،  $B_3$ ،  $B_5$  یا نسبت  $V$ ، برای سرباره های با ترکیب شیمیایی پیچیده تر، موازنه اکسیدهای "بازی"  $\text{CaO}$  و  $\text{MgO}$  با

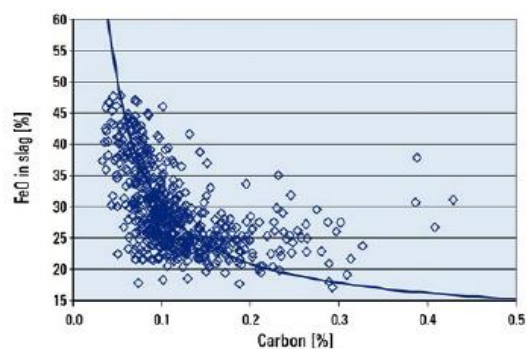
شد. در حالی که کنترل بازیسته برای این مثال بسیار خوب است، همچنین آشکار است که سرباره‌ها در محتوای بالای FeO حتی در  $C/S=2$  زیر اشباع هستند؛ پفکی کردن سرباره کاهش خواهد یافت و خوردگی پوشش نسوز در FeO بالا افزایش می‌یابد. آنالیز سرباره در شکل ۴ به وضوح وجود مشکلاتی را در مورد تزریق C/O نشان می‌دهد، و توصیه کنترل بهتر FeO است. در این مورد "مشکل FeO" به وضوح توسط پراکندگی به خوبی مشخص داده‌های سرباره که به سمت FeO کشیده شده در این نمودار شبه سه تایی نشان داده شده است.



شکل ۴. (a) سرباره‌های با بازیسته  $x_{CaO} / x_{SiO_2} > 2$  اشباع شده یا نزدیک به اشباع (EAF شماره ۱) منتج به پتانسیل خوردگی کم و (b) عملکرد پفکی کردن سرباره خوب، به صورت نشان داده شده توسط شاخص پفکی کردن.

**اشباع از MgO در فضای ترکیب شیمیایی سرباره‌های EAF -** مهمترین موضوع برای حداقل پتانسیل خوردگی شیمیایی اشباع سرباره از MgO است. سرباره‌های زیر اشباع از MgO همیشه دارای پتانسیل خوردگی نسبت به مواد پوشش نسوز پایه MgO ناشی از

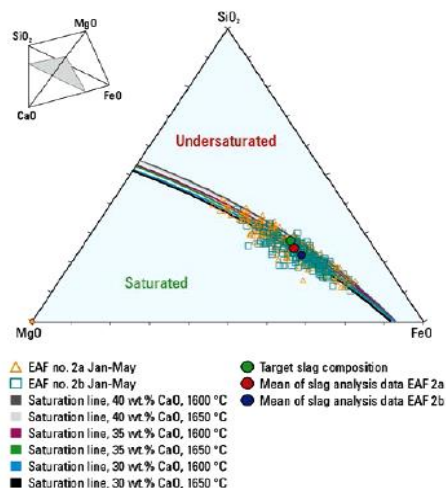
**نقش FeO سرباره -** بطور کلی افزایش FeO سرباره میزان کربن در ذوب را کاهش می‌دهد. به این دلیل که افزایش سطح اکسیژن در فولاد مذاب برای کربن زدایی تا مقادیر کم (شکل ۳) و اختلاط غیر بهینه و انتقال جرم در فولاد مذاب مورد نیاز است. FeO زیاد در سرباره نه تنها کاهش رفتار پفکی سرباره به علت ویسکوزیته پایین آن در شرایط زیر اشباع و افزایش تلفات آهن را نشان می‌دهد، بلکه همچنین نرخ فرسایش مواد نسوز MgO و MgO-C را هم افزایش می‌دهد. تزریق پودر کربن به سرباره آخرین روش برای کنترل FeO در سرباره است. بهبود اختلاط مذاب با دمش گاز به EAF کنترل FeO را نیز بهبود می‌بخشد.



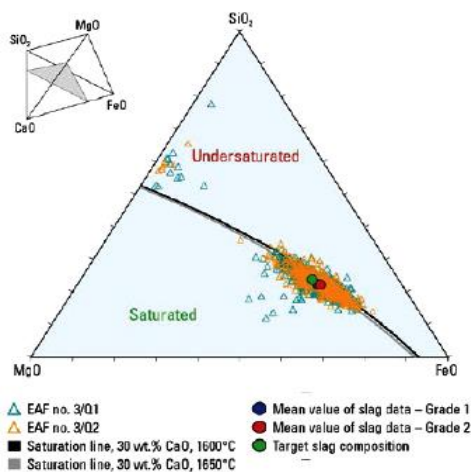
شکل ۳. غلظت FeO در سرباره با کاهش میزان کربن در ذوب به دلیل افزایش سطح اکسیژن در فولاد مذاب افزایش می‌یابد.

**بازیسته در فضای ترکیب شیمیایی -** در  $C/S > 2$ ، سرباره‌های EAF اشباع هستند و بنابراین پفکی کردن خوب سرباره بسیار محتمل است. پفکی کردن خوب ناشی از ویسکوزیته مناسب سرباره، نه خیلی مایع در  $C/S$  پایین و نه خیلی سفت در  $C/S$  بالا می‌باشد (شکل ۴b). مثالی از نزدیکی ترکیب سرباره با بازیسته بزرگتر از ۲ به اشباع در شکل ۴ ارائه شده است. خط اشباع با استفاده از نرم افزار FactSage و بانک‌های اطلاعات در صفحه ۵ درصد MgO در ترکیب شیمیایی چهار وجهی CaO-SiO<sub>2</sub>-FeO-MgO محاسبه می‌شود. ترکیب سرباره‌های با بازیسته  $x_{CaO} / x_{SiO_2} = 2$  توسط خط قرمز در شکل ۴ نشان داده شده است. همچنین قابل مشاهده است که بازیسته سرباره در طول سال بمنظور افزایش میزان اشباع سرباره‌ها بالا برده





شکل ۵. نمونه های سرباره بطور قابل ملاحظه ای نزدیک به اشباع از MgO ناشی از استفاده از دولومین به عنوان سرباره ساز (EAF شماره ۲).



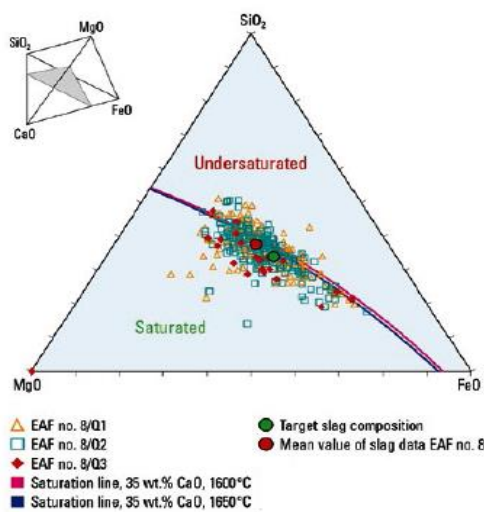
شکل ۶. نمونه های سرباره بسیار نزدیک به اشباع از MgO ناشی از استفاده از مخلوط های آهک/آهک دولومیتی به عنوان سرباره ساز (EAF شماره ۳: مقدار ۹/۸ کیلوگرم بر تن آهک و ۲۰/۶ کیلوگرم بر تن آهک دولومیتی؛ EAF شماره ۴: مقدار ۱۶ کیلوگرم بر تن آهک و ۱۳/۴ کیلوگرم بر تن آهک دولومیتی؛ خطوط اشباع در ۳۰ درصد CaO.

تفاوت پتانسیل شیمیایی بین پوشش و سرباره می باشد. اختلاف پتانسیل شیمیایی در اشباع از MgO محو می شود. بنابراین، این امر می تواند بهترین برای شروع فرآیند EAF با سرباره سازهایی، در حالت اشباع از MgO باشد، اما همیشه مقداری تلفات MgO از پوشش نسوز EAF به سرباره ناشی از آسیب مکانیکی، شوک حرارتی و بیش از حد گرم شدن پوشش نسوز توسط تابش قوس الکتریکی رخ می دهد. در عمل، شروع عملیات سرباره با سرباره سازهای نزدیک به اشباع از MgO منطقی است، اما اندکی زیر اشباع بمنظور جلوگیری از اشباع بیش از حد سرباره، که نشان دهنده اتلاف ناکارآمد و غیر ضروری مواد MgO است. اشباع از MgO در محدوده ۶ تا ۱۴ درصد MgO بسته به FeO و CaO یا نسبت  $CaO/SiO_2$  به دست می آید.

چهار مثال اول نمونه های سرباره EAF هائی را نشان می دهند که در آنها آهک دولومیتی با کیفیت خوب و مقدار کافی به عنوان سرباره ساز استفاده می شود (شکل های ۵ تا ۷). سهم بزرگی از نمونه های سرباره نوع اشباع از MgO است. پتانسیل خوردگی بخش بزرگی از سرباره های EAF پایین یا حتی صفر است. فوق اشباع با MgO برخی از سرباره ها به علت تغییر مقدار یا ترکیب سرباره ساز می باشد، تلفات مواد در طی آسترزنی و گانینگ نسوز، یا از پوشش MgO به دلیل سایر فرآیندهای فرسایش است.

پراکندگی FeO در این سه مثال تغییر می کند، که نشان دهنده تفاوت کنترل FeO ناشی از مواد ورودی، قراضه یا DRI، و کربن و اکسیژن تزریقی می باشد. دو مثال بعدی نمونه های سرباره از EAF شماره ۶ با مخلوط آهک، آهک دولومیتی و یک حامل MgO به عنوان بهینه ساز سرباره و EAF شماره ۷ با آهک به عنوان تنها سرباره ساز را نشان می دهند (شکل ۸). تقریباً تمام سرباره ها در EAF شماره ۵ اشباع یا فوق اشباع از MgO می باشند، که اتلاف مواد MgO توسط ترکیب انتخاب شده سرباره سازها و اتلاف اضافی MgO در مخلوط های گانینگ و آسترزنی را نشان می دهد. برعکس EAF شماره ۶، سرباره های بر اساس آهک در EAF شماره ۷ به وضوح زیر اشباع از MgO هستند. چون مقدار MgO آهک مورد استفاده به عنوان سرباره ساز تنها ۱ درصد است، ۳ درصد دیگر MgO در سرباره از فرسایش بستر و دیواره های پوشش نسوز کوره برای هر ذوب منفرد می آید. تلفات MgO از پوشش نسوز و نرخ فرسایش مربوط به پوشش در این مورد نتیجه ای از به حداقل کردن هزینه آهک به عنوان تنها سرباره ساز است.

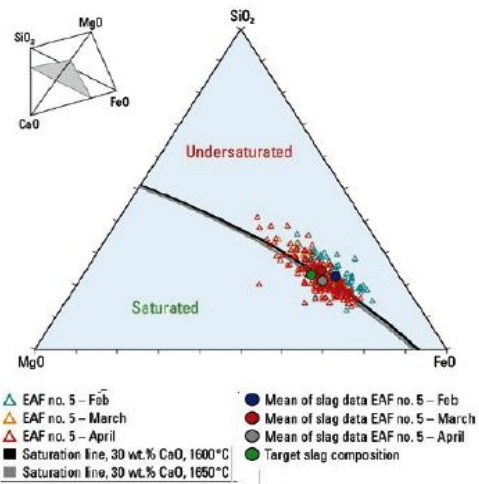
MgO با افزایش تلفات در طی گانینگ از سوی دیگر می‌باشد. سهم آهک دولومیتی از ربع ۱ به ۳ افزایش یافت، به سرباره‌های اشباع و فوق اشباع منتج شد، اما آهک و آهک دولومیتی تنها ۱۶/۵ کیلوگرم بر تن در کل اضافه شدند. در این مورد، افزایش سرباره ساز بمنظور جلوگیری از سهم زیاد سرباره‌های EAF زیر اشباع و خورنده که باعث افزایش فرسایش پوشش نسوز می‌شوند و حتی نیاز به گانینگ بیشتر برای رسیدن به طول عمر مورد نیاز پوشش دارند توصیه می‌شود.



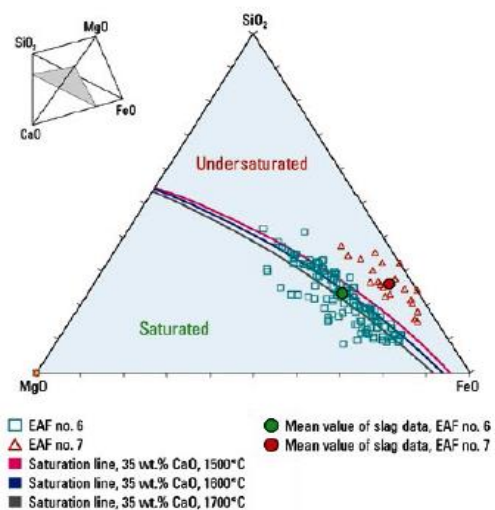
شکل ۹. نمونه‌های سرباره EAF شماره ۸ پراکندگی نسبتاً زیاد در ترکیب شیمیایی به سمت  $SiO_2$ ،  $FeO$  و  $MgO$  را نشان می‌دهند ناشی از ظرفیت کم احتیاطی (بافر) سرباره در ورودی ویژه کم سرباره سازها (۷/۲ کیلوگرم بر تن آهک و ۹/۳ کیلوگرم بر تن آهک دولومیتی؛ خطوط اشباع در ۳۵ درصد  $CaO$ ).

### استفاده و مزایای موازنه جرم $MgO$ برای آنالیز سرباره

علاوه بر آنالیز ترکیبات شیمیایی نمونه‌های سرباره در نمودارهای بخش قبل، تجزیه و تحلیل موازنه جرم  $MgO$  بمنظور بدست آوردن اطلاعاتی در مورد فرآیندهای خاص خوردگی در EAF مفید است. مجموع جرم سرباره در هر ذوب،  $m_{slag}$ ، از آنالیز شیمیایی سرباره، آهک، آهک دولومیتی،  $x_{CaO,I}$ ، و جرم ورودی آهک، آهک دولومیتی و سایر مواد سرباره ساز بازی،  $m_i$ ، با موازنه جرم  $CaO$  در EAF محاسبه می‌شود:



شکل ۷. نمونه‌های سرباره نزدیک به اشباع از  $MgO$  ناشی از استفاده از مخلوط‌های آهک/آهک دولومیتی به عنوان سرباره ساز (EAF شماره ۵: مقدار ۱۰،۰ کیلوگرم بر تن آهک و ۱۸/۱ کیلوگرم بر تن آهک دولومیتی؛ خطوط اشباع در ۳۰ درصد  $CaO$ ).

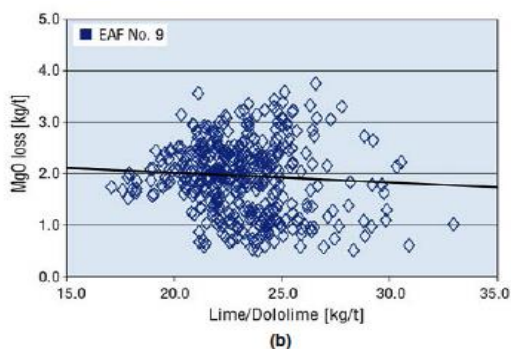
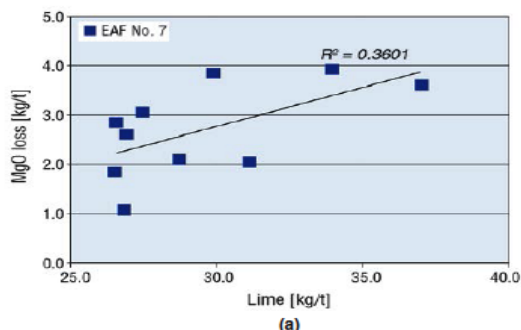


شکل ۸. نمونه‌های سرباره EAF شماره ۶ همه اشباع از  $MgO$  هستند در حالیکه نمونه‌های EAF شماره ۷ همه زیر اشباع از نظر  $MgO$  هستند ناشی از استفاده ۳۲/۲ کیلوگرم بر تن آهک به عنوان تنها سرباره ساز (خطوط اشباع در ۳۵ درصد  $CaO$ ).

مثال زیر، از EAF شماره ۸ پراکندگی زیاد در ترکیب سرباره را نشان می‌دهد (شکل ۹)، هر دو به سمت زیر اشباع  $MgO$  در سطوح بالاتر  $SiO_2$  و به سمت اشباع از  $MgO$  می‌باشند، در حالی که مقدار متوسط ترکیب سرباره نزدیک به اشباع از  $MgO$  را نشان می‌دهد. پراکندگی زیاد ترکیب سرباره نشان دهنده ظرفیت کم سرباره برای جبران ورودی متغیر  $SiO_2$  با قراضه به EAF از یک سو و ورودی

جرم سرباره با افزایش ورود آهک به عنوان یک سرباره ساز تلفات MgO توسط خوردگی شیمیایی را زیاد می کند.

همبستگی منفی میان تلفات MgO و جرم سرباره در مورد دوم، EAF شماره ۹، نشان می دهد که تلفات MgO به سرباره با کاهش جرم سرباره و ورود سرباره ساز، یعنی، با افزایش تابش قوس به کناره ها و پوشش نسوز در جرم کم سرباره یا با افزایش پتانسیل خوردگی سرباره با ورود کمتر سرباره ساز، یعنی، بازسیته پایین تر، افزایش می یابد. در هر دو مورد، توصیه هایی برای بهبود عملیات سرباره را می توان از آنالیز سرباره بمنظور کاهش تلفات MgO از پوشش نسوز به سرباره استنتاج کرد: پتانسیل خوردگی پایین تر سرباره با افزایش ورود MgO با سرباره ساز برای EAF شماره ۷، یعنی، افزودن دولوما، آهک دولومیتی یا یک حامل دیگر MgO. برای EAF شماره ۹، ورودی به قدر کافی بالای سرباره سازها، برای مثال بیشتر از ۲۲ کیلوگرم بر تن توصیه می شود.



شکل ۱۰. میزان تلفات MgO به سرباره در طی ورود ویژه سرباره سازها در دو EAF روند متفاوت ناشی از مکانیزم مختلف خوردگی را نشان می دهد: سرباره خورنده زیر اشباع در مقدار زیاد (a) و مقدار سرباره خیلی کم (b).

$$X_{CaO,Lime} m_{Lime} + X_{CaO,Dolo} m_{Dolo} + \dots + X_{CaO,DRI} m_{DRI} = X_{CaO,Slag} m_{Slag} \quad (1)$$

از تلفات CaO با گرد و غبار به سیستم فیلتر و ورود CaO از فرسایش مواد نسوز در معادله ۱ صرف نظر شده است. با نتیجه حاصله از جرم سرباره در هر ذوب،  $m_{slag}$ ، محتوای MgO در سرباره،  $m_{MgO,Slag}$ ، از آنالیز سرباره،  $X_{MgO,Slag}$ ، تعیین می شود:

$$m_{MgO,Slag} = X_{MgO,Slag} m_{Slag} \quad (2)$$

مقدار MgO تلف شده در هر ذوب به صورت مواد MgO تلف شده از پوشش نسوز و مخلوط های تعمیر به سرباره برابر با تفاوت بین مقدار آنالیز شده سرباره،  $m_{MgO,Slag}$ ، و ورودی از سرباره سازها است. هیچ سهم دیگری برای MgO محتوی در سرباره وجود ندارد. تلفات MgO از پوشش نسوز به سرباره از موازنه جرم MgO در EAF پیروی می کند:

$$\text{معادله (۳)}$$

$$m_{MgO \text{ loss to Slag}} = m_{MgO,Slag} - m_{MgO,Lime} - m_{MgO,Dolo} - \dots - (-m_{MgO,DRI}) \\ = X_{MgO,Slag} m_{Slag} - X_{MgO,Lime} m_{Lime} - X_{MgO,Dolo} m_{Dolo} - \dots - (-X_{MgO,DRI} m_{DRI})$$

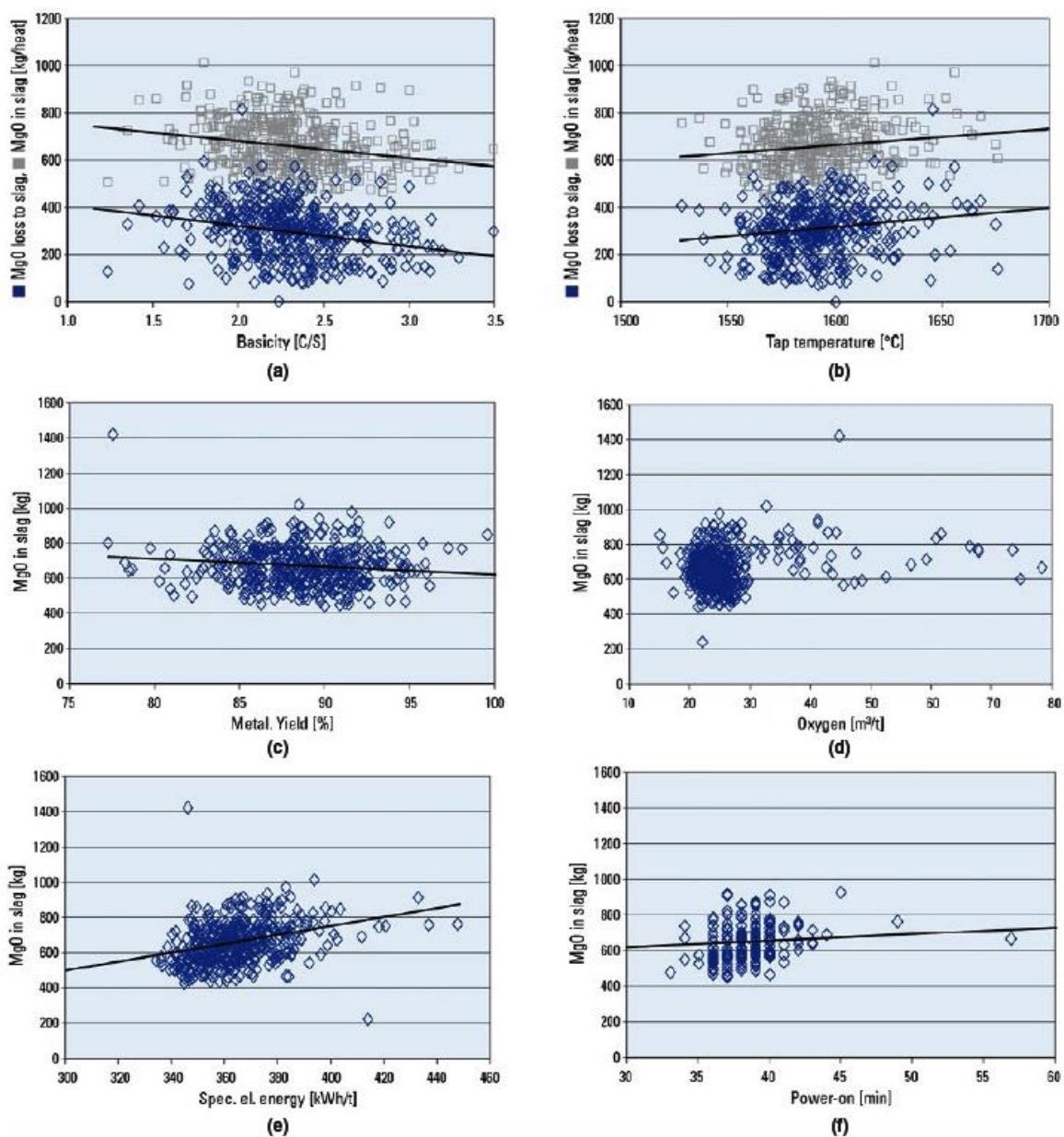
تجزیه و تحلیل تلفات مقدار MgO در سرباره با داده های فرآیند EAF برای هر ذوب خاص بینش ارزشمندی از دلایل اصلی تلفات MgO و فرسایش پوشش نسوز فراهم می سازد.

همبستگی تلفات MgO به سرباره در هر ذوب به جرم سرباره برای EAF های شماره ۷ و ۹ در شکل ۱۰ ارائه شده است. تلفات MgO از پوشش نسوز با جرم سرباره، یعنی، با مقدار آهک به عنوان سرباره ساز EAF شماره ۷ (شکل ۱۰a) افزایش می یابد، در حالی که تلفات MgO به سرباره با ورود سرباره ساز به EAF شماره ۹ (شکل ۱۰b) کاهش پیدا می کند.

در مورد اول، EAF شماره ۷، همبستگی مثبت تلفات MgO با جرم سرباره نشانه روشنی از خوردگی شیمیایی پوشش نسوز توسط سرباره زیر اشباع است. افزایش

همبستگی با ورودی اکسیژن وجود ندارد و همبستگی با زمان روشن بودن کوره (پاور-آن) در این مورد ضعیف است. این یافته‌ها با این توضیح که سرباره به دلیل استفاده از مخلوطی از آهک/آهک دولومیتی بسیار خورنده نیست سازگار است، اما وجود این تمایل که کل ورودی سرباره سازها خیلی کم باشد، به مقدار ناکافی سرباره و احتمالاً عدم محافظت کافی در برابر تابش قوس الکتریکی منجر می‌شود.

ارزیابی داده‌های آنالیز سرباره با داده‌های فرآیند EAF به همبستگی‌های دیگری منتج می‌شود (شکل ۱۱) که ممکن است بمنظور کاهش فرسایش و تلفات MgO از پوشش نسوز به سرباره، برای کاهش مصرف مواد آسترزنی و گانینگ، و در نهایت برای بهبود طول عمر نسوز مورد استفاده قرار گیرند. مثال‌ها در شکل ۱۱ برای EAF شماره ۹ ارائه شده‌اند. تلفات MgO از پوشش نسوز به سرباره با بازیسته سرباره همبستگی دارد و با کاهش بهره‌دهی فلز و انرژی الکتریکی ویژه مورد نیاز افزایش می‌یابد. هیچ



شکل ۱۱. همبستگی‌های بین تلفات MgO از پوشش نسوز به سرباره با پارامترهای مختلف فرآیند اطلاعاتی را در مورد مکانیزم اصلی خوردگی پوشش نسوز فراهم می‌کنند: افزایش فرسایش با کاهش بازیسته ناشی از ورودی کم سرباره ساز (EAF شماره ۹).



# اخبار داخلی



دکتر نجفی زاده در مورد فعالیت‌های انجمن و عملکرد آن در فاصله زمانی بین دو مجمع به استحضار حاضرین رسید. سپس گزارشی از خزانه دار، بازرس و حسابرس قانونی ارائه شد و صورت‌های مالی و ترازنامه به اتفاق آراء مورد تصویب قرار گرفت.



## جلسه هیأت مدیره انجمن آهن و فولاد ایران

جلسه هیأت مدیره انجمن با حضور اکثریت اعضاء در مورخ ۱۴ تیر ماه ۹۶ در دفتر مدیریت انجمن برگزار گردید. در این جلسه ضمن قرائت صورتجلسه قبلی، آقای دکتر نجفی زاده رئیس هیأت مدیره انجمن گزارشی از عملکرد سال ۹۵ ارائه نمودند. سپس صورت‌های مالی و گزارش حسابرسی به اتفاق آراء به تصویب رسید. در این جلسه مقرر شد اعضاء حقوقی حامی برگزاری سمپوزیوم فولاد ۹۶ باشند که قرار است این سمپوزیوم در تاریخ‌های ۸ و ۹ اسفند ماه سال جاری در جزیره کیش برگزار شود و در این رابطه لازم است با اعضاء حقوقی مکاتبه کتبی صورت گیرد.



## برگزاری دومین جلسه هیأت مدیره شرکت فناوری و پژوهش سهند آهن و فولاد خاورمیانه

این جلسه در مورخ ۲۴ تیر ماه ۹۶ در ساختمان انجمن آهن و فولاد ایران با حضور کلیه اعضاء برگزار شد. آقای دکتر نجفی زاده (رئیس هیأت مدیره شرکت) و آقای دکتر شفیعی (مدیر عامل شرکت) گزارشی در ارتباط با مشکلات پیش آمده در ثبت شرکت و برنامه‌های آینده آن ارائه نمودند، در این رابطه به جلسات متعددی که در این فاصله، جهت واگذاری زمین شرکت با مسئولین مختلف

## برگزاری مجمع عمومی عادی انجمن آهن و فولاد ایران

مجمع عمومی عادی سالیانه انجمن آهن و فولاد ایران بر اساس دعوت قبلی، در روز چهارشنبه مورخ ۹۶/۰۴/۲۱ رأس ساعت ۱۷ در محل آمفی تئاتر انجمن با اکثریت آراء برگزار شد. در این مجمع پس از تلاوتی از کلام ... مجید و پخش سرود ملی، اعضاء هیأت رئیسه انتخاب شدند، سپس بر طبق دستور جلسه در ابتدا گزارشی توسط آقای

از جمله رئیس دانشگاه صنعتی اصفهان، نماینده مبارکه، شهرک علمی تحقیقاتی و سایر برگزار گردیده بود اشاره و عنوان شد که این موضوع همچنان در حال پیگیری است. در این جلسه به علت بازنشسته شدن آقای مهندس ارزانی در فولاد مبارکه از طرف آقای دکتر سبحانی، آقای مهندس نیک فر به عنوان نماینده شرکت فولاد مبارکه معرفی شدند و در این جلسه ایشان به انتخاب هیأت مدیره، به عنوان نائب رئیس انتخاب گردید.

### برگزاری سمپوزیوم فولاد ۹۶

بیستین سمپوزیوم فولاد کشور تحت عنوان توسعه صنعت فولاد با شعار "حفظ محیط زیست و بازیافت پسماندها" قرار است در تاریخ‌های ۸ و ۹ اسفند سال جاری در مکان مرکز همایش‌های بین‌المللی کیش واقع در جزیره کیش برگزار شود. در این خصوص طی جلساتی، قراردادی با شرکت توسعه و تجارت کیش جهت در اختیار گذاشتن فضاهای لازم با امکانات مورد نیاز برای برگزاری این همایش و همچنین نمایشگاه بین‌المللی سمپوزیوم فولاد ۹۶ منعقد شد. برگزاری سالانه این همایش همزمان با نمایشگاه بین‌المللی فولاد این فضا را برای شرکت

کنندگان فراهم می‌آورد که با آخرین دستاوردهای تکنولوژی و تحقیقات علمی در زمینه فولاد آشنا شوند. بعلاوه این فضا مکان مناسبی جهت طرح مشکلات و چالش‌های فرا روی صنعت فولاد و تبادل نظر حضوری بین کارشناسان و مدیران را فراهم می‌کند. سمپوزیوم‌های فولاد عموماً با مشارکت و میزبانی یکی از شرکت‌های بزرگ فولادی و یا دانشگاه‌های کشور برگزار می‌شود اما سمپوزیوم امسال توسط انجمن آهن و فولاد ایران و طبق مصوبه هیأت مدیره آن با حمایت مالی شرکت‌های اصلی عضو انجمن آهن و فولاد ایران برگزار خواهد شد. در ضمن پوستر و بروشور سمپوزیوم برای اطلاع رسانی و ارسال سراسری در حال آماده شدن است که بلافاصله پس از مشخص شدن حامیان ارسال خواهد شد.

### حمایت انجمن از برگزاری کنفرانس بین‌المللی زئولیت ایران

انجمن آهن و فولاد ایران از چهارمین کنفرانس بین‌المللی زئولیت ایران که در تاریخ‌های ۱ و ۲ شهریور ۹۶ در دانشکده فنی و مهندسی گلپایگان برگزار خواهد شد حمایت نمود.

## آیا مردانند؟

❖ چین با تولید ۲۱/۵۶۲ میلیون تن فولاد خام ضد زنگ در رده اول جهان قرار دارد.

❖ در صنایع فولاد جهان میانگین انتشار گاز CO<sub>2</sub>، ۱/۸ تن بر تن فولاد خام بوده است.

مرجع فولاد ۹۵

# اخبار اعضای حقوقی انجمن آهن و فولاد ایران

## شرکت فولاد مبارکه اصفهان

برای نخستین بار تولید ورق ساخت لوله‌های احیا مستقیم فولاد چادرملو در فولاد مبارکه به گزارش روابط عمومی فولاد مبارکه اصفهان این ورق‌های تولیدی از زیرگروه فولادهای آلیاژی حاوی مولیبدن است که در مخازن تحت فشار و سازه‌های مقاوم به حرارت استفاده می‌شود و به میزان ۱۳۶ تن کلاف با ضخامت ۱۲ و عرض ۱۵۰۰ میلیمتر از میزان ۲۴۰ تن مورد نیاز آن شرکت، تولید و تحویل داده شد.

## برای اولین بار در کشور تولید ورق‌های ساخت مخازن سوخت نیروگاه ماکو در فولاد مبارکه

بنابر گزارش روابط عمومی فولاد مبارکه، کارشناسان و کارکنان فولاد مبارکه با دستیابی به دانش فنی تولید ورق‌های ASTM A283 GR.C(GOC)، موفق شدند ورق‌های مورد نیاز ساخت مخازن سوخت نیروگاه ماکو را تأمین کنند. با درخواست شرکت گلبرق ارومیه از شرکت فولاد مبارکه برای تأمین ورق‌های با گرید مذکور، واحد متالورژی و روشهای تولید با همکاری تلاشگران خطوط تولید، با طراحی آنالیز شیمیایی مناسب در کاهش میزان کربن، کاهش میزان گوگرد، فسفر، کنترل ناخالصی‌های فولاد و همچنین کنترل دقیق دماهای نورد گرم، موفق به تولید این نوع ورق با ریزساختار مناسب و دستیابی به انعطاف پذیری فولاد شد.

این نوع گرید با خواص مکانیکی ویژه، مخصوصاً تست ضربه در دمای منفی ۱۶ درجه سانتیگراد، با ضخامت‌های ۸، ۱۰، ۱۲ و ۱۵ و عرض ۱۸۰۰ و طول ۱۲۰۰۰ میلیمتر، با سفارش این شرکت و به میزان ۶۰۰ تن ورق گرم برای ساخت مخازن نیروگاه‌های ماکو استفاده شد.

## فولاد هرمزگان

افزایش توانمندی فولاد هرمزگان در تولید محصولات جدید با تولید اسلب عرض ۶۰۰ و ضخامت ۲۰۰ میلیمتر به صورت آزمایشی و با موفقیت به میزان ۳۰ تن و به سفارش کارخانه‌های تولید خطوط ریلی و لوله و پروفیل توانمندی فولاد هرمزگان در تولید محصولات جدید افزایش یافت. پیش از این، فقط اسلب‌هایی با عرض ۹۰۰ تا ۲۰۰۰ میلیمتر در این خط تولید می‌شد؛ اما با توجه به ظرفیت ماشین ریخته‌گری، کارکنان کارگاه تعمیرات فولادسازی با ارائه طرحی خلاقانه و با اعمال یک سری تغییرات در خط تولید، امکان تولید اسلب از عرض ۴۰۰ تا ۲۰۰۰ میلیمتر را فراهم کردند.

## فولاد آلیاژی ایران

### دریافت لوح یکصد چهره منتخب در کنگره سراسری تحول و نوآوری

بنا به گزارش روابط عمومی شرکت فولاد آلیاژی ایران، این شرکت در تاریخ ۹۶/۳/۴ با حضور در کنگره تحول و نوآوری که در مشهد مقدس برگزار شد، توانست لوح یکصد چهره منتخب را از آن خود نماید.

همچنین دریافت گواهینامه بین‌المللی MBA on FORDERT انگلستان، گواهینامه EQUAL استرالیا، گواهینامه آموزشی از انجمن مدیریت ایران (مورد تأیید وزارت علوم تحقیقات و فناوری سازمان استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران، سازمان مدیریت و برنامه ریزی کشور، شرکت ملی نفت ایران) از دیگر دستاوردهای شرکت فولاد آلیاژی ایران در کنگره تحول و نوآوری بود.

### افزایش صادرات ذوب آهن اصفهان

بنا به گزارش روابط عمومی، به گفته مدیرعامل ذوب آهن اصفهان با افزایش صادرات ذوب آهن نسبت به دو سال گذشته، ۵۸۵ هزار تن محصول از ذوب آهن طی ۵ ماه اول امسال صادر شد. به گفته ایشان تولید کنونی چدن ذوب آهن حدود ۲ میلیون و ۶۰۰ هزار تن است، که امکان افزایش آن به ۳ میلیون و ۶۰۰ هزار تن با ۵۶ میلیون یورو سرمایه گذاری وجود دارد و در این زمینه اقدامات لازم آغاز شده است.

### پیشرفت موفقیت آمیز پروژه PCI در ذوب آهن

#### اصفهان

روابط عمومی ذوب آهن اصفهان از پیشرفت موفقیت آمیز پروژه طرح تزریق پودر زغال به کوره بلند (PCI) و نقش آن در کاهش قیمت تمام شده محصولات ذوب آهن اصفهان خبر داد. قرار داد این پروژه در دی ماه ۱۳۹۵ فعال شده و مهندسی پایه آن به اتمام رسیده و مهندسی تفصیلی نیز بیش از ۹۵ درصد پیشرفت داشته است.

## آیا مردانند؟

طبق برنامه ریزی های انجام شده توسط Steel Industry Adjustment Policy در سال های آتی، میزان مصرف آب در فرآیند تولید فولاد، زیر ۳/۸ مترمکعب بر تن فولاد خواهد بود.

میزان تولید چدن خام غیر کوره بلندی جهان بالغ بر ۹ میلیون تن بوده است.

میزان مصرف آب در کک سازی های چین بطور متوسط زیر ۱/۵ مترمکعب بر تن کک است.

فروش خالص صنایع فولاد آلمان، ۳۷/۸ میلیارد یورو بوده است.

(مرجع فولاد ۹۵)

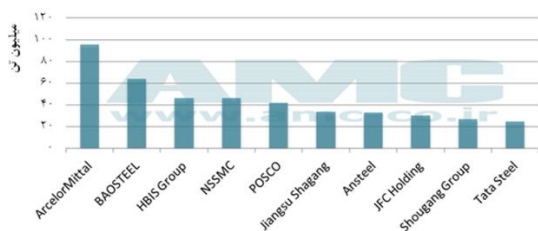


## پایداری در تولید آهن اسفنجی در سال گذشته میلادی

با وجود اینکه سیر نزولی تولید در پایان سال ۲۰۱۵ و ابتدای سال ۲۰۱۶ اتفاق افتاد ولی تولید جهانی آهن اسفنجی در سال ۲۰۱۶ تقریباً ثابت باقی ماند. بنا به گزارش شرکت تکنولوژی‌های میدرکس، تولید جهانی آهن اسفنجی با افزایش جزئی ۱۲۰ هزار تنی نسبت به سال گذشته آن، از ۷۲ هزار و ۶۴۰ هزار تن در سال ۲۰۱۵ به ۷۲ میلیون و ۷۶۰ هزار تن در سال ۲۰۱۶ رسید. این در حالی است که کشورهای ایران، هند و آمریکا بیشترین افزایش را داشته‌اند. در ایران تولید از ۱۴/۶ میلیون تن به ۱۶ میلیون تن رسید. این افزایش تولید حاصل روند رشد بلند مدت صنعت فولاد ایران اعلام شده است. با این رشد ایران دومین کشور تولید کننده این محصول در جهان شد.

## ۲۵ درصد تولید جهانی فولاد در اختیار ده تولید کننده برتر دنیا

کل تولید فولاد خام دنیا در سال ۲۰۱۶ بیش از ۱/۶۲ میلیارد تن بوده که نسبت به سال ۲۰۱۵ حدود ۰/۸ درصد افزایش داشته است. در این بین تولید کشورهای منطقه خاورمیانه آسیا و اقیانوسیه افزایش و تولید در کشورهای آمریکا، آفریقا و اروپا با کاهش مواجه بوده است. شرکت آرسلورمیتال بزرگترین تولید کننده جهان با تولید ۹۵/۵ میلیون تن بیش از ۶ درصد از تولید فولاد خام جهان را به خود اختصاص داده است. در نمودار زیر تولیدات ۱۰ تولید کننده برتر مشاهده می‌شود.



## همکاری شرکت تکنولوژی پری متال و شرکت فیلترسازی کاپا برای تولید سیستم‌های غبارگیری در صنایع آهن و فولاد

شرکت تکنولوژی پری متال و سیستم‌های غباری کاپا همکاری خود را برای توسعه و فروش سیستم‌های غبارگیر برای کارخانه‌های آهن و فولاد اعلام کرده‌اند. اگرچه هدف اولیه این همکاری تولید سیستم‌های غبارگیر برای کوره‌های قوس الکتریکی و فولادسازی ثانویه است ولی طبق توافق، این تکنولوژی برای واحدهای دیگر از جمله، سینترسازی و پلت‌سازی و کوره‌های اکسیژنی در برنامه آن‌ها قرار دارد. به گفته آن‌ها این تکنولوژی علاوه بر جلوگیری از انتشار غبار در محیط زیست، در مصرف انرژی نیز صرفه‌جویی بعمل می‌آورد.

## آلیاژ جدید آلومینیوم منبع جدید سوخت هیدروژنی

اخیراً پژوهشگران آزمایشگاه تحقیقاتی APG در آمریکا نوعی آلیاژ آلومینیوم تولید کرده‌اند که در اثر تماس با آب تولید هیدروژن می‌کند. البته پیش از این نیز واکنش آب و آلومینیوم هیدروژن استخراج می‌شد اما در روش‌های قبلی به دماهای بالا و یا کاتالیزور نیاز بود که همین موضوع سبب طولانی شدن زمان فرآیند و کارایی کم محصول تولید شده بود (حداکثر کارایی ۵۰ درصد). اما آلیاژ جدید کارایی نزدیک به ۱۰۰ درصد دارد و در مدت زمان کوتاه (۳ دقیقه) انجام می‌شود. این آلیاژ می‌تواند منبع ارزان و قابل دسترس برای تولید سوخت هیدروژنی باشد.

## تلاش کشور هند برای افزایش تقاضای فولاد

هند با افزایش تولید فولاد، در تلاش برای ثابت کردن جایگاه خود به عنوان دومین تولید کننده فولاد جهان پس از چین است، اما کاهش حجم صادرات، این کشور را با نیاز به بازار مصرف روبه رو کرده است. دولت هند در تلاش برای تولید فولاد بیشتر و به دنبال آن ایجاد بازار مصرف، استفاده از فولاد را در همه پروژه‌های دولتی اجباری کرده است. همچنین سیاست‌های برای اجرایی کردن اقدامات سخت گیرانه همانند تحمیل عوارض آنتی دامپینگ و تعیین حداقل نرخ وارداتی، منجر به افت واردات تا ۳۹ درصد و افزایش صادرات تا ۵۷ درصد شده است.

## اکسیژن کم‌تر: عملکرد بهتر

محققان دانشگاه کنتیکت پی برده‌اند که کاهش اکسیژن در بعضی از مواد نانو کریستالین ممکن است استحکام و پایداری آن‌ها را در دماهای بالا بهبود ببخشد. این یک پیشرفت امیدوار کننده است که می‌تواند منجر به بهبود کیفیت بیوسنسورها، موتورهای سریع‌تر جت و نیمه‌هادی‌ها با ظرفیت بیشتر گردد. پایداری نانو کریستال‌ها در دماهای بالا یک چالش بزرگ مشترک است. این محققان با استفاده از یک عملیات آسیابی خاص در یک محفظه بسته پر شده از گاز آرگون توانسته‌اند کریستال‌هایی از آهن-کروم و آهن-کروم-هافنیم با حداقل اکسیژن در حدود ۰/۰۱ درصد سنتز کنند. این آلیاژهای عاری از اکسیژن که بصورت پودر تولید شده‌اند در مقایسه با آلیاژهای مشابه که میزان اکسیژن بالایی دارند، در دماها و تنش‌های بالا پایداری بیشتری می‌باشند.

## تکنیک جدید برای شناسایی خوردگی قطعات فولادی

محققان دانشگاه NIST، تکنولوژی جدیدی ابداع کرده‌اند که به کمک آن می‌توان خوردگی فولادهای به کار رفته در بتن را قبل از اینکه خسارت‌های جدی به بار آید، مشخص کرد. در این تکنیک از امواج تراهرتز- امواج الکترومغناطیسی با فرکانس ۱۰ تا ۱۰۰ برابر امواج استفاده شده در ماکروویو پخت غذا هستند- استفاده شده است

که می‌توانند محصولات خوردگی در مراحل اولیه را شناسایی کنند. این تکنولوژی در مواقعی که قطعات فولادی به وسیله‌ی بتن و یا کامپوزیت‌های پلیمری (مانند عایق لوله در یک کارخانه)، رنگ‌ها و سایر مواد محافظتی احاطه شده‌اند کاربرد دارد.

## ایران بزرگترین تولید کننده آهن اسفنجی در دنیا

در شش ماه اول امسال ایران توانست ۸/۸۲ میلیون تن آهن اسفنجی تولید کند و نام خود را به عنوان بزرگترین تولید کننده آهن اسفنجی در دنیا ثبت کند. حجم تولید آهن اسفنجی در ایران در شش ماه اول امسال ۱۱/۶ درصد نسبت به سال قبل از آن رشد داشت. در ماه ژوئن سال جاری میلادی ایران ۱/۵۳۴ میلیون تن آهن اسفنجی تولید کرد و میزان تولید آهن اسفنجی در این کشور ۱۰/۷ درصد بیش از مدت مشابه سال قبل بود. بزرگترین رقیب ایران در تولید آهن اسفنجی در دنیا کشور هند است که در ماه ژوئن سال جاری این کشور موفق شد تا از هند پیشی بگیرد و به عنوان بزرگترین تولید کننده آهن اسفنجی معرفی شود.

## قوانین ضد دامپینگ علیه واردات فولاد ایران

ایران در چند سال گذشته یکی از عمده‌ترین صادرکنندگان فولاد به اروپا بود و در ردیف کشورهایمانند چین، هند، روسیه، برزیل و اوکراین قرار گرفت. اما کمیسیون اروپا به تحریک برخی شرکت‌های تولید کننده فولاد در اروپا، برخی صادرکنندگان فولاد به اتحادیه اروپا را به دامپینگ این محصول متهم کرد. ایران اگرچه حجم صادراتش بسیار پایین‌تر از دیگر کشورهای عضو این فهرست بود، اما از متهمین شناخته شد. کمیسیون اروپا تهدید کرد که از اقدامات ضد دامپینگ در مقابل کشورهای اعلام شده استفاده خواهد کرد و نتیجه بررسی‌ها را تا مهرماه سال جاری اعلام می‌نماید. طرح اتهام دامپینگ را می‌توان به نوعی جنگ اقتصادی تولیدکنندگان این محصول در اروپا، علیه تولیدکنندگان آن در دیگر کشورها دانست.

# عناوين مقالات مندرج در مجلات بين المللى آهن و فولاد

(در اين شماره)

Journal of Iron and Steel Research, International

Volume 24, Issue 8, (Pages 751–864 (August 2017))

- ❖ **Current status and development trends of innovative blast furnace ironmaking technologies aimed to environmental harmony and operation intellectualization**  
Hong-tao Wang, Wei Zhao, Man-sheng Chu, Cong Feng, Jue Tang, Pages 751–769
- ❖ **Analysis of energy consumption for lump coal degradation in melting gasifier**  
Qi-hang Liu, Xiao-ming Li, Jun-xue Zhao, Pages 770–777
- ❖ **Medium oxygen enriched blast furnace with top gas recycling strategy**  
Wei Zhang, Zheng-liang Xue, Ju-hua Zhang, Wei Wang, Zong-shu Zou, Pages 778–786
- ❖ **Springback behavior of tailor rolled blank in U-shape forming**  
Ri-huan Lu, Xiang-hua Liu, Shou-dong Chen, Lu Feng, Li-zhong Liu, Pages 787–794
- ❖ **Robust multi-objective optimization of rolling schedule for tandem cold rolling based on evolutionary direction differential evolution algorithm**  
Yong Li, Lei Fang, Pages 795–802
- ❖ **Surface microstructure control of microalloyed steel during slab casting**  
Li-jun Xu, Shu-lan Zhang, Chun-gen Qiu, Sheng-tao Qiu, Xing-zhong Zhang, Pages 803–810
- ❖ **Effect of  $\alpha$  phase on fatigue crack growth of Ti-6242 alloy**  
Hang-wei Zhou, Hui-qun Liu, Dan-qing Yi, Yu Xiao, Qi Gao, Pages 811–822
- ❖ **Tribological performance of uncoated and TiCN-coated D2, M2 and M4 steels under lubricated condition**  
Luis Daniel Aguilera Camacho, Santos García Miranda, Karla Judith Moreno, Pages 823–829
- ❖ **Thermal stability of retained austenite and mechanical properties of medium-Mn steel during tempering treatment**  
Xiao-li Zhao, Yong-jian Zhang, Cheng-wei Shao, Wei-jun Hui, Han Dong, Pages 830–837
- ❖ **Cementites decomposition of a pearlitic ductile cast iron during graphitization annealing heat treatment**  
Min-qiang Gao, Ying-dong Qu, Guang-long Li, Jun-hua You, Rong-de Li, Pages 838–843
- ❖ **Evolution of microstructure, mechanical and magnetic properties of electrodeposited 50% Ni-Fe alloy foil after thermal treatment**  
Hong-ru Ren, Jin-tao Gao, Zhe Wang, Chong Li, Zhan-cheng Guo, Pages 844–851
- ❖ **Lower limit law of welding windows for explosive welding of dissimilar metals**  
Chang-gen Shi, Xuan Yang, Yu-heng Ge, Jun You, Hong-bao Hou, Pages 852–857
- ❖ **Ripening behavior of M<sub>23</sub>C<sub>6</sub> carbides in P92 steel during aging at 800 °C**  
Xu Yang, Bo Liao, Fu-ren Xiao, Wei Yan, Ke Yang, Pages 858–864

# عناوین مقالات مندرج در مجله بین المللی آهن و فولاد ایران

International Journal of Iron & Steel Society of Iran

Volume 14, Number 1, (June 2017)

- ❖ **The Effect of Two-stage Heat Treatment Temperatures on Initial and FSSWed Properties of TRIP Steels**  
A. Mostafapour, A. Ebrahimpour, Pages 1-9.
- ❖ **Resistance Spot Welding of Steels: Modeling and Simulation**  
M. Valaee, M. Sheikhi, Y. Mazaheri, G. R. Usefifar, Pages 10-16.
- ❖ **Production and Crystallization Behavior of an Iron Rich Glass-Ceramic Prepared by Ironmaking and Steelmaking Wastes**  
S. Ghasemi, A. Shafyei, Pages 17-22.
- ❖ **Effects of Martensite Reversion Parameters on the Formation of Nano/Ultrafine Grain Structure in AISI 304L Stainless Steel**  
H. Esfandiary, S. R. Hosseini, F. Ashrafizadeh, A. Kermanpur, Pages 23-29.
- ❖ **Steel Consumption Forecasting Using Nonlinear Pattern Recognition Model Based on Self-Organizing Maps**  
S. Torbat, M. Khashei, M. Bijari, Pages 30-37.
- ❖ **Effects of Ferrosilicon Addition and Formation of Insitu SiC Nano-whiskers on MgO-C Refractories**  
M. Bakhtiari, R. Emadi, A. Monshi, Pages 38-43.
- ❖ **Developing and Validating the Excellence Model for the Strategic Knowledge Management Case Study: Mobarakeh Steel Company**  
M. R. Hamidzadeh, I. Soltani, M. Gholizade, Pages 44-49.





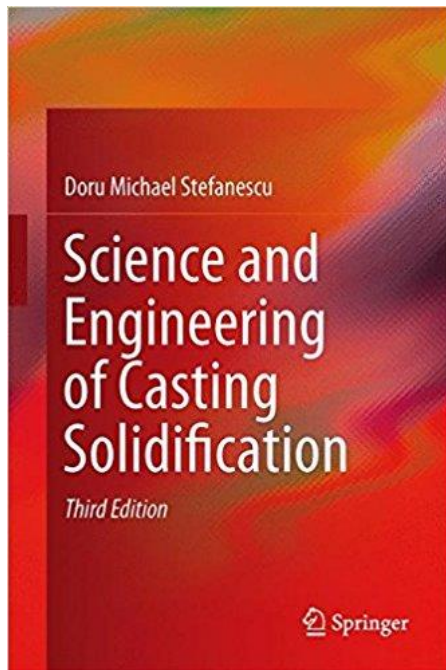
عنوان کتاب: علم و مهندسی انجماد ریختگری  
(ویرایش سوم)  
عنوان به انگلیسی:

Science and Engineering of Casting  
Solidification 3rd ed.

نویسنده: Doru Michael Stefanescu

سال نشر: ۲۰۱۵

انتشارات: Springer



#### معرفی:

سومین ویرایش از این کتاب مرجع کلیه مطالب در زمینه انجماد ریخته‌گری را پوشش داده است. معادلات دیفرانسیل جزئی و تجزیه و تحلیل عددی با نمونه‌های محاسباتی متعدد بطور گسترده در سراسر متن استفاده می‌شود که به خوانندگان در دستیابی به دانش فنی در مدل‌سازی انجماد کمک می‌کند. این ویرایش حاوی فصل‌های جدیدی است که عبارتند از: انجماد کامپوزیت‌های زمینه فلزی و نیمه جامد، رفتار قابل ملاحظه از مدل‌سازی چند بعدی و کاربرد آن در آلیاژهای تجاری، بررسی موضوعات جدید نظیر انجماد آلیاژهای چند جزئی و مدل‌سازی دینامیک مولکولی، تئوری‌های جدید شامل فیلم‌های اکسیدی در مشکلات انقباضی، بررسی عمقی جنبه‌های تئوری انجماد آلیاژهای مهم تجاری شامل: فولاد، چدن، یوتکتیک‌های آلومینیوم-سیلیسیم و سوپرآلیاژها.

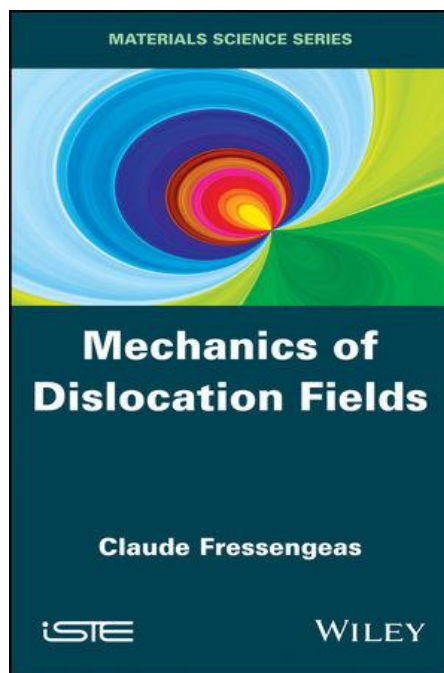
عنوان کتاب: مکانیک میدان‌های نابجایی

عنوان به انگلیسی: Mechanics of Dislocation Field

نویسنده: C. Fressengeas

سال نشر: ۲۰۱۷

انتشارات: WILEY-ISTE



#### معرفی:

این کتاب شرح جامعی از رفتار جمعی گروه‌های نابجایی بر اساس یک روند پیوسته را بیان می‌کند. در این کتاب از ابزارهای قدرتمند معادلات دیفرانسیل به جای تئوری‌های معمول پلاستیته بهره برده شده تا اثر متقابل مکانیزم‌های بین نقص‌های کریستالی را نشان دهد. به این ترتیب این امر نظریه را قادر خواهد ساخت تا ظهور ساختارهای نابجایی را توصیف کند. مثال‌ها نشان از ویژگی متناوب و خود سازماندهی شده اثرات اندازه دانه بر رفتار شکل‌پذیری و تأثیر مسیرهای بارگذاری بر کار سختی مواد دارد.

# در الملک سمینارہائی

No	Title	Location	Date	Organization
1	CRU's Stainless Steel Scrap conference and Award Gala 2017	Chicago, IL, USA	2 Oct 2017	CRU Events
2	International Conference on Chemical, Environmental, Bioprocess, Textile, Mining, Material and Metallurgical Engineering	New Delhi, India	14 Oct 2017	Krishi Sanskriti Publications
3	ASEAN Conference in Advanced Functional Materials and Nanotechnology (ASEAN-CAFMN)	Cebu City, Philippines	19-21 Oct 2017	SPVM
4	6th International Conference on Material Science and Engineering Technology	Seoul, Korea	20-22 Oct 2017	ICMSET
5	2nd International Conference on Innovative Engineering Materials (ICIEM 2017)	Philadelphia, USA	21-23 Oct 2017	CBEES
6	International Seminar on Metallurgy and Materials Conference	Jakarta, Banten, Indonesia	24-25 Oct 2017	AIP
7	3rd International Conference on the Science and Engineering of Materials	Kuala Lumpur, Malaysia	24-25 Oct 2017	CAM & AMMP
8	6th International Conference on Nanostructures, Nanomaterials and Nanoengineering	Tokyo, Japan	27-30 Oct 2017	ICNNA
9	6th International Conference on Ultrafine Grained and Nano-Structured Materials	Kish Island, Iran	12-13 Nov 2017	University of Tehran and University of Trento
10	2nd International Conference on Carbon Materials and Material Sciences	Melbourne, Australia	15-17 Nov 2017	ICMM Committees
11	International Conference on Materials and Metallurgy	Istanbul, Turkey	17-18 Nov 2017	Ozgun Ozturk

# داختار سمنارهای



پایگاه اینترنتی	زمان	عنوان	ردیف
<a href="http://www.cmat.iromes.ir">www.cmat.iromes.ir</a>	۱۱ تا ۱۲ مهر ماه ۱۳۹۶	چهاردهمین همایش علمی دانشجویی مهندسی مواد و متالورژی ایران	۱
<a href="http://www.conf.isc.gov.ir">www.conf.isc.gov.ir</a>	۱۹ تا ۲۰ مهر ماه ۱۳۹۶	سومین کنفرانس ملی مهندسی مواد، مهندسی شیمی و ایمنی صنعتی	۲
<a href="http://www.conf.isc.gov.ir">www.conf.isc.gov.ir</a>	۱۹ تا ۲۰ مهر ماه ۱۳۹۶	سومین کنفرانس ملی مهندسی مکانیک - عمران و فناوریهای پیشرفته	۳
<a href="http://www.pdfconf.ir">www.pdfconf.ir</a>	۲۴ تا ۲۵ مهر ماه ۱۳۹۶	دومین کنفرانس ملی پدافند غیرعامل و پیشرفت پایدار	۴
<a href="http://www.1mrss.ir">www.1mrss.ir</a>	۲۶ مهر ماه ۱۳۹۶	کنگره ملی شیمی و نانو شیمی از پژوهش تا توسعه ملی	۵
<a href="http://www.imatconf.com">www.imatconf.com</a>	۶ و ۷ آبان ماه ۱۳۹۶	ششمین کنفرانس و نمایشگاه بین المللی مهندسی متالورژی و مواد	۶
<a href="http://www.conference21.ir">www.conference21.ir</a>	۱۷ آبان ماه ۱۳۹۶	کنفرانس بین المللی پژوهش های نوین در علوم و مهندسی قرن ۲۱	۷
<a href="http://www.ufgnsml7.ut.ac.ir">www.ufgnsml7.ut.ac.ir</a>	۲۱ و ۲۲ آبان ماه ۱۳۹۶	ششمین کنفرانس بین المللی مواد فوق ریزدانه و نانو ساختار	۸
<a href="http://www.iccc2017.aut.ac.ir">www.iccc2017.aut.ac.ir</a>	۲۸ تا ۳۰ آذر ماه ۱۳۹۶	هفتمین کنگره بین المللی رنگ و پوشش	۹
<a href="http://www.cmme2018.ir">www.cmme2018.ir</a>	۱۱ بهمن ماه ۱۳۹۶	اولین کنفرانس بین المللی مکانیک مواد و تجهیزات پیشرفته	۱۰
<a href="http://www.issiran.com">www.issiran.com</a>	۸ و ۹ اسفند ماه ۱۳۹۶	سمپوزیوم فولاد ۹۶	۱۱



# خط نورد جدید چهار غلتکی تکامل اندازه کردن میله<sup>۱</sup>

ترجمه: محمدحسین نشاطی

شکل با گسترش<sup>۴</sup> ناچیز که کنترل ابعادی را ساده می‌سازد و بالاخره، بهبود موارد متالورژیکی مانند کنترل تبلور مجدد و رشد دانه. کلید واژه‌ها: خط نورد کاهنده مقطع و اندازه کننده EVO، اندازه کردن آزاد، تک خانواده، تیرانس ابعادی، گسترش، قفسه‌های ۴-غلتکی.

## معرفی

بازار محصولات طولیل میله‌های فولاد با کیفیت مخصوص (SBQ<sup>۵</sup>) حیاتی و امیدبخش است. لازم است اقدامات فنی و برگشت اقتصادی در میان دو ایفاگر نقش اصلی زنجیره ارزش، یعنی تولیدکنندگان نورد گرم و واحدهای فرآوری پس از آن متوازن شوند.

## خلاصه

نیازمندی‌های بازار برای محصولات کیفی میله نوردی به طور فزاینده‌ای، به ویژه خواستار محصولات فولاد ضد زنگ و مخصوص می‌باشند. دقت ابعادی بهتر، زمان فرآوری کوتاهتر و عیوب سطحی کمتر، برای میله به صورت شاخه و کلاف هر دو، مهم می‌باشند. برای بهبود کیفیت محصول و بهره‌وری خط نورد، شرکت پری متالز تکنولوژی‌زیک خط جدید نورد ۴-غلتکی اندازه کردن را برای نوردکاری دقیق توسعه داده است. از جمله مزایای اصلی آن: دقت بهتر تنظیم فاصله غلتک‌ها، ناشی از صلیب بالای خط نورد، طیف گسترده ابعادی که می‌تواند درون تیرانس بدون تغییر شیار<sup>۳</sup> نورد شود، تغییر

<sup>۱</sup> The New 4-Roll Primetals Technologies Sizing Mill: the Evolution of Bar Sizing, METEC & 2<sup>nd</sup> ESTAD 2015.

<sup>۲</sup> شرکت پریمتالز تکنولوژی‌زیک با مسئولیت محدود (Primetals Technologies, Limited): مستقر در لندن، انگلستان، یک شرکت مهندسی، ساخت کارخانه و شریک عمر کاری برای صنعت فلزات در سراسر جهان است. این شرکت مجموعه کاملی از تکنولوژی، محصول و خدمات شامل یکپارچه برق، اتوماسیون و راه‌حل‌های زیست محیطی را ارائه می‌دهد. این شرکت تمام مراحل زنجیره تولید آهن و فولاد را که از مواد خام تا محصول نهایی گسترده است به اضافه آخرین راه‌حل‌های نوردکاری برای بخش فلزات غیر آهنی را در بر می‌گیرد. پریمتالز تکنولوژی‌زیک سرمایه‌گذاری مشترک شرکت صنایع سنگین میتسوبیشی (MHI) و زیمنس است. شرکت ماشین‌آلات فلزات میتسوبیشی-هیتاچی (MHMM) - یک شرکت ادغام شده گروه MHI با مشارکت شرکت هیتاچی با مسئولیت محدود، و شرکت IHI - ۵۱ درصد سهم و زیمنس با ۴۹ درصد سهم در شرکت جدید پریمتالزرا دارا می‌باشند. تعداد کارمندان این شرکت جدید ۹۰۰۰ نفر در سراسر جهان است. اطلاعات بیشتر بر در سایت اینترنتی [www.primetals.com](http://www.primetals.com) قابل دسترس است.

<sup>۳</sup> Groove

<sup>۴</sup> Spread

<sup>۵</sup> Special Bar Quality



ترکیب الزامات نورد ترمومکانیکی (دمای نورد کم، کاهش سطح مقطع و یکنواختی متالورژیکی زیاد) با دقت بالای شکل دهی/نورد نهائی میله نوردی، نیاز به گروه خاصی از قفسه‌ها در خط نورد - یعنی گروه کاهنده سطح مقطع و اندازه کننده - مرتب شده در چیدمانی خاص (به عنوان مثال ۲-غلتکی H-V یا ۳-غلتکی Y-λ یا ۴-غلتکی X) و تعدادی از واحدها (برای مثال نوع ۲-غلتکی متشکل از ۳ قفسه H-V-H یا ۴ قفسه H-V-H-V، گروه ۳-غلتکی با چهار یا پنج قفسه، گروه ۴-غلتکی با یک یا دو قفسه) دارد. این الزامات را می‌توان با گروه‌های کاهنده اندازه کننده<sup>۱</sup> ۲-غلتکی یا ۳-غلتکی، حتی با سطح عملکرد عملیاتی و یکنواختی متفاوت برآورده کرد؛ اما روش ۴-غلتکی کاربرد محدودی دارد - فقط برای اندازه کننده نهائی استفاده می‌شود و نمی‌تواند تمام نیازها را پوشش دهد.

گروه‌های ۲-غلتکی می‌توانند نورد نهائی خوبی را در سرعت بالای نورد با نفوذ کرنش بهتر و بیشتر در میله تأمین کنند و بنابراین همگنی متالورژیکی بیشتری را در کل مقطع میله فراهم نمایند، اما این چیدمان کارآمدی کمتری در شکل دادن، گسترش بیشتر مواد و انطباق کمتری با الزامات اندازه کننده‌گی - آزاد که در آن طیفی از قطرهای میله را می‌توان بدون تعویض غلتک‌ها نورد کرد، دارد.

گروه‌های ۳-غلتکی امکان نوردکاری دقیق و کارآمد را با کاهش گسترش مواد فراهم می‌کنند اما منجر به نفوذ کمتر کرنش در میله، در نتیجه باعث یکنواختی کمتر در ساختار متالورژیکی می‌گردند. گروه‌های ۳-غلتکی کاربرد گسترده‌ای برای اندازه کردن آزاد دارند اگرچه، در کرانه‌های [حد بالا و پائین] خانواده اندازه، دقت ابعادی تا حدودی به خطر می‌افتد.

شرکت پری متالز با نصب و راه اندازی بیش از ۲۰ واحد، تجربه زیادی با گروه اندازه کننده ۲-غلتکی دارد، و نیز در زمره اولین شرکت‌های استفاده کننده از ایده ۴-غلتکی به نام PRS<sup>۲</sup> (نوردکاری اندازه کننده دقیق) به عنوان مکمل اندازه کننده ۲-غلتکی می‌باشد. در سال ۲۰۱۱ انجام

یک پروژه R&D برای درک ایده تکامل یافته گروه کاهنده اندازه کننده بر اساس ترکیبی از روش‌های فرآوری ۲-غلتکی و ۴-غلتکی به عهده گرفته شد. نتیجه آن خط نورد کاهنده و اندازه کننده EVO که رسماً ثبت شده (پتنت) می‌باشد، که کیفیت محصول بهتر و افزایش بهره‌وری خط نورد را ارائه می‌دهد.

### خط نورد کاهنده و اندازه کننده EVO

خط ۲-غلتکی نورد کاهنده و اندازه کننده EVO شرکت پریمتالز (شکل ۱) عملکردهای عالی برای تلرانس ارائه می‌دهد. توسعه بعدی خط جدید نورد EVO با ساخت بر اساس این تبجر، شامل یک گروه کاهنده با دو قفسه ۲-غلتکی برای نوردکاری کاهش سطح مقطع زیاد، و یک گروه اندازه کننده ۴-غلتکی با سه قفسه برای کاهش سطح مقطع کم برای رسیدن به اندازه دقیق می‌باشد (شکل ۲).

خط نورد EVO امکان فرآوری طیف فوق العاده گسترده‌ای از محصولات در غلتک‌های پروفیل دار با قطر مورد نظر را فراهم می‌سازد. بنابراین، تعداد مجموعه غلتک‌های مورد نیاز با صرفه‌جویی آشکار از نظر سرمایه گذاری و هزینه‌های عملیاتی کاهش می‌یابد.

همچنین، از آنجا که لزوم تعویض و تنظیم غلتک کاهش می‌یابد، نرخ بهره‌گیری از ظرفیت و، بنابراین، بهره‌وری خط نورد به میزان زیادی بهبود پیدا می‌کند.

ترکیب ایده ۲-غلتکی با ۴-غلتکی به جای ۳-غلتکی به عنوان ترکیب مرجح انتخاب شد. این کار به رغم این است که طرح ۳-غلتکی تلرانس خوب و عملکرد اندازه کردن آزاد را ارائه می‌کند، که ممکن است معایب ذاتی آن، یعنی کاهش سطح مقطع سبک‌تر و ظرفیت جاده‌ی<sup>۳</sup> کمتر-ویژگی‌های که ممکن است خیلی مهم نباشند اگر سایر تجهیزات در خط نورد سرعت و دمای فرآیند را محدود کنند - را جبران کند. یک عیب دیگر طرح ۳-غلتکی احتمال پیچ خوردگی<sup>۴</sup> میله ناشی از شکل هندسی سه جزئی است، که در آن بردار حاصل از نیروها ممکن است همیشه موازنه نشود (شکل ۳). لازم است این تأثیر با استفاده

<sup>3</sup> housing capacity

<sup>4</sup> twisting

<sup>1</sup> reducing sizing

<sup>2</sup> Precision Rolling Sizing

## مفاهیم جانمایی و تجهیزات

خط نورد کاهش دهنده و اندازه کننده EVO گروهی شامل پنج واحد است: دو قفسه ۲-غلتکی به دنبال آن سه قفسه ۴-غلتکی (شکل ۴). دو قفسه ۲-غلتکی به صورت چیدمان "X" چیده شده‌اند (شکل ۵)، در حالی که سه قفسه ۴-غلتکی دارای جهت ۴۵ درجه نسبت به هم می‌باشند (شکل ۶). این چیدمان به طور موثری نورد کاری بدون پیچ خوردن را تأمین می‌کند و امکان ترکیب بهینه کاهش بسیار زیاد سطح مقطع در نورد کاری و نورد نهایی بسیار دقیق اندازه را فراهم می‌سازد. این چیدمان همچنین به نظم کلی در ساخت و نصب تجهیز نیز کمک می‌کند، بنابراین هزینه‌های مرتبط با اثرات (عواقب) جانمایی را کاهش می‌دهد (شکل ۷). از این رو، این طرح غلتک‌ها می‌تواند، به صورت نصب و راه اندازی در کارخانه‌های موجود (زمین سوخته) که نیاز به ارتقای کیفیت محصول دارند اجرا شود. از جمله الزامات معمول میله‌های کیفی رسیدن به ساختار ریزدانه و تلرانس دقیق است. در عین حالی که ریزدانه شدن با کاهش زیاد سطح مقطع تقویت می‌شود، تلرانسهای دقیق توسط کاهش سطح مقطع کم حمایت می‌شوند. در خط نورد EVO کاهش سطح مقطع زیاد در قفسه‌های ۲-غلتکی اعمال می‌شود، به طوری که اندازه دانه مورد نظر قابل حصول باشد. اجزای مکانیکی مقاوم و کنترل کپسول هیدرولیکی در طرح ۲-غلتکی گنجانیده شده‌اند، که ظرفیت اعمال بار بر روی آن در اثر ضرورت ناشی از دمای نورد پایین و کربن بالا و گریدهای فولاد آلیاژی را افزایش می‌دهد. به دلیل نسبت‌های کاهش سطح مقطع زیاد، حتی تلرانس نادقیق (برای مثال ۱DIN) قطعه کار ورودی را می‌توان به طور مؤثری توسط گروه ۲-غلتکی اصلاح کرد. در مقابل، کاهش‌های کم سطح مقطع در قفسه‌های ۴-غلتکی پس از آن برای دستیابی به تلرانس مورد نظر اعمال می‌شوند. به طور خاص، قفسه ۴-غلتکی نهایی کاهش سطح مقطع ۱ تا ۳ درصد را اعمال می‌کند، در نتیجه اندازه فوق العاده دقیق و سطح صافی را تأمین می‌کند.

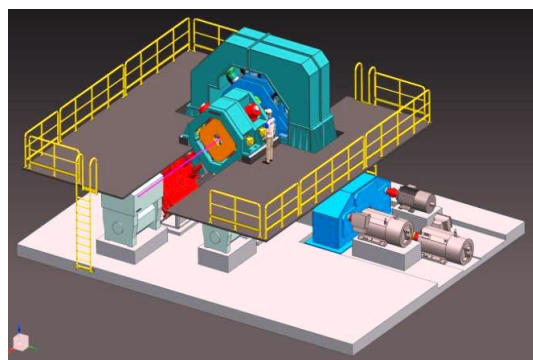
در خط نورد EVO، که تحت پوشش پتنت‌های صنعتی است، شیارهای غلتک با کمک نرم افزار FEM محاسبه

از راهنماهای غلتکی، در ارتباط با مسائل هزینه، تنظیم راهنما و خطر آسیب به سطح میله موازنه شوند.

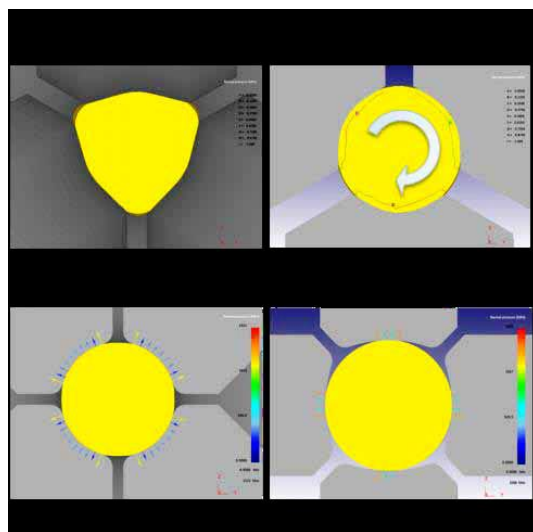
بنابراین، افزایش تقاضا در بازار منتج شد به اینکه شرکت پریمتالز در توسعه خط جدید نورد انعطاف پذیرتر با قابلیت دربرگیری شیوه‌های جدید فرآوری در سرعت بالا و دمای پایین طرح ۴-غلتکی را نسبت به ۳-غلتکی انتخاب کند.



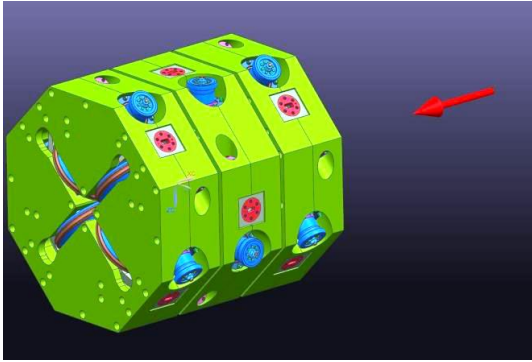
شکل ۱. خط نورد اندازه کننده دقیق ۲-غلتکی و PRS.



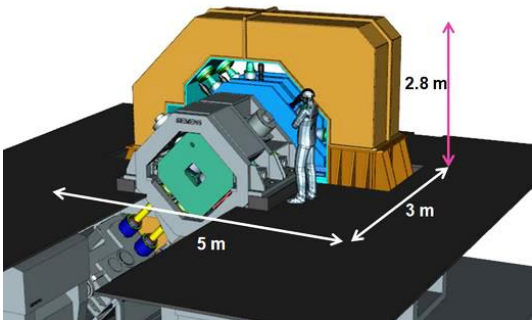
شکل ۲. خط نورد کاهش دهنده و اندازه کننده EVO.



شکل ۳. مقایسه بین طرح ۳ و ۴- غلتکی.



شکل ۶. سه قفسه ۴-غلتکی خط نوردکاهنده و اندازه کننده EVO.



شکل ۷. تصویر منظم از خط نوردکاهنده و اندازه کننده EVO.

### ویژگی‌ها و مزایای طرح ۴-غلتکی

گسترش برای دقت ابعادی مضر است، و امکان اندازه کنندگی آزاد را محدود می‌کند.

رابطه بین نسبت گسترش و کاهش مساحت مقطع با توجه به طرح اندازه کنندگی متفاوت است. روشن است که با طرح ۴-غلتکی گسترش تقریباً صفر است، که نشان می‌دهد که طرح ۴-غلتکی مناسبترین تکنولوژی برای نورد با دقت ابعادی بالا است. چیدمان قفسه‌های ۴-غلتکی به محدود کردن گسترش قطعه کار، که به بخش‌های کالیبر ۴۵ درجه گوه‌ای شکل محدود شده است کمک می‌کند.

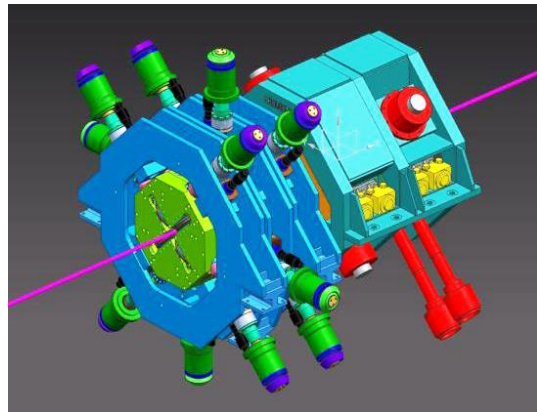
با طرح ۴-غلتکی، اندازه قطر محصول نهایی تأثیر اندکی بر نسبت گسترش، که در حدود صفر (شکل ۸) باقی می‌ماند دارد. در واقع، از آنجا که نیروی غلتک‌ها از چهار طرف به طور همزمان به قطعه کار اعمال می‌شوند، تغییر شکل کلی کارآمدتر از دو طرح دیگر است.

در نتیجه، انتظاری رود انرژی ویژه مورد نیاز (kWh/t) به ترتیب ۱۵ درصد و ۴۰ درصد نسبت به طرح‌های ۳-غلتکی

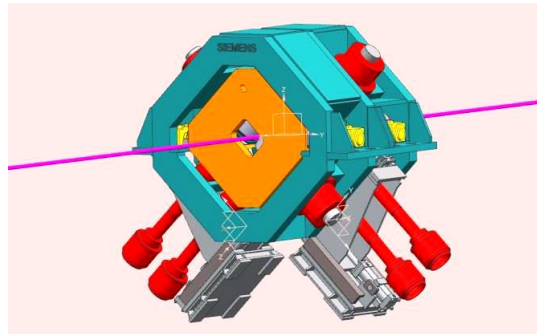
می‌شوند، و بعداً همراه با فاصله غلتک‌ها و سرعت، با استفاده از یک نرم افزار اختصاصی، که روش‌های مدلسازی توسعه یافته خاصی را اجرا می‌کند تنظیم و بهینه می‌شوند.

موتورها و گیربکس‌های جداگانه‌ای هر قفسه را به حرکت در می‌آورند، به طوری که سرعت‌های چرخش را می‌توان برای رفع محدودیت‌های توزیع کاهش سطح مقطع تنظیم کرد.

محاسبه صحیح فاصله درون قفسه‌ای ثابت خوب قطعه کار نوردی را تامین می‌کند. باید از پیچیدن میله باتوجه به خطرات مربوط به درهم تنیدگی، خراب شدن تیرانس، آسیب سطحی جلوگیری شود. بین دو قفسه ۲-غلتکی یک راهنمای غلتکی برای حرکت دادن دقیق قطعه کار بیضی شکل نصب شده است. در کالیبر خروجی قفسه ۲-غلتکی دوم یک راهنمای استاتیک برای راندن قطعه کار به گروه ۴-غلتکی بکار گرفته می‌شود. از راهنماهای مخصوص بدون اصطکاک بین قفسه‌های ۴-غلتکی، که در آنها فاصله درون قفسه ای کوچک و نیروهای متعادل به عملیات بسیار پایدار کمک می‌کنند استفاده می‌شود.

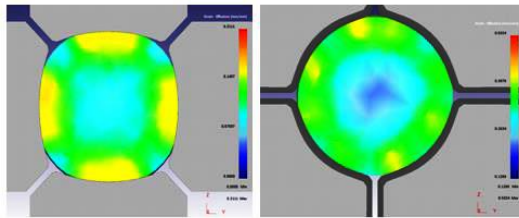


شکل ۴. هسته خط نوردکاهنده و اندازه کننده EVO.

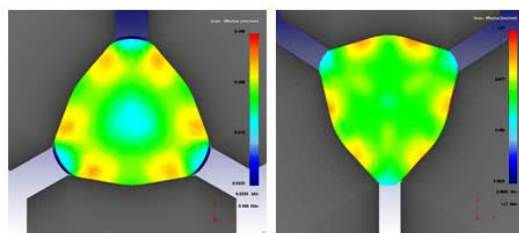


تصویر ۵. دو قفسه ۲-غلتکی خط نوردکاهنده و اندازه کننده EVO.

یکنواختی متالورژیکی خیلی خوبی دارد، که این طرح را برای نورد ترمومکانیکال، همچنین برای به دست آوردن اندازه دانه ریز و یکنواخت ایده آل می‌سازد.



شکل ۱۱. تغییر شکل در امتداد سطح مقطع میله در طرح ۴-غلنکی.

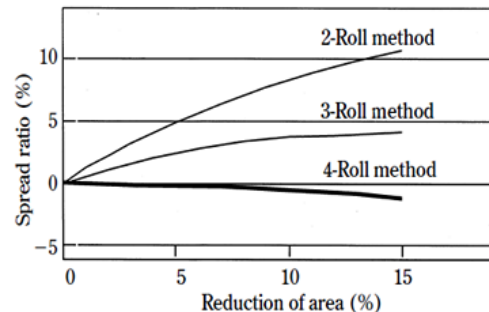


شکل ۱۲. تغییر شکل در امتداد سطح مقطع میله در طرح ۳-غلنکی.

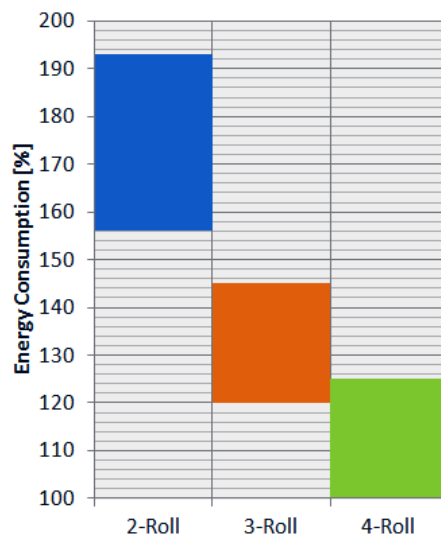
### توازن تغییرات سطح مقطع ورودی

به دلیل گسترش بالقوه صفر، طرح ۴-غلنکی به صورت خودکار تغییرات سطح مقطعی ناشی از تغییر تجهیزات (غلنک‌ها، راهنماها) و پارامترهای نوردکاری (گریدها، دماها) را متوازن می‌کند. این موضوع با مقایسه تفاوت‌های سطح مقطعی قبل و بعد از سه پاس در یک گروه ۴-غلنکی ثابت شده است. این توازن خودکار یکی از دلایلی است که چرا طرح ۴-غلنکی می‌تواند تolerانس فوق العاده خوب ارائه دهد. یک مثال واقعی (شکل ۱۳) نشان می‌دهد که حتی یک تغییر ۱۸ درصدی در مساحت ورودی یک میله با قطر نهائی ۳۰ mm به طور کامل توسط شکل هندسی شیار سه قفسه ۴-غلنکی متوازن (جبران) می‌شود و همان اندازه نهایی با تolerانس بسیار بسته از سر تا ته میله به دست می‌آید. این کار برای بهره‌دهی نوردکاری مفید است، زیرا برشکاری به مقدار قابل ملاحظه‌ای کاهش می‌یابد. همچنین مقداری به نفع عملیات پس از نورد (برای مثال

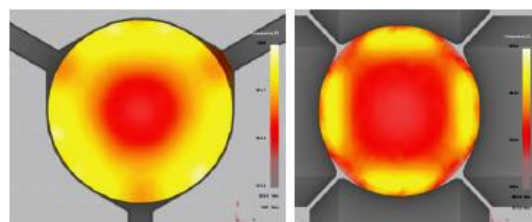
۲-غلنکی کاهش یابد (شکل ۹). بنابراین، ایجاد حرارت کمتر و افزایش دمای میله (شکل ۱۰) نیز کمتر است. این جنبه در هنگام بکارگیری نورد ترمومکانیکال نیز بسیار مفید است.



شکل ۸. ارتباط بین نسبت گسترش و کاهش سطح مقطع (مرجع: شرکت کاوازاکی استیل).



شکل ۹. مقایسه مصرف انرژی.

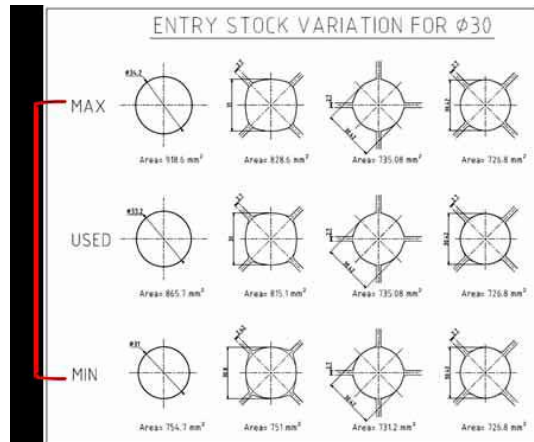


شکل ۱۰. مقایسه افزایش دما در طی نورد بین طرح‌های ۳-غلنکی و ۴-غلنکی.

به طوری که توسط شبیه سازی FEM اثبات شده است، تغییر شکل در قفسه ۴-غلنکی (شکل ۱۱) همگن‌تر از قفسه ۳-غلنکی است (شکل ۱۲). این اتفاق در کل سطح مقطع، از سطح به مرکز رخ می‌دهد. میکرو ساختار حاصله



پوسته برداری<sup>۱</sup> نیز می‌باشد، چون برداشتن مواد خارج از تفرانس کاهش می‌یابد.



شکل ۱۳. موازنه (جبران) اندازه آزاد.

### تک خانواده

ایده تک خانواده، تغییرات در دنباله نورد (قبل از اندازه کردن) را با حفظ توالی تک پاس به حداقل می‌رساند، در عین حالی که تمام تغییرات اندازه در دستگاه نورد کاهش دهنده مقطع و اندازه کننده متمرکز شده است.

### اندازه کردن آزاد

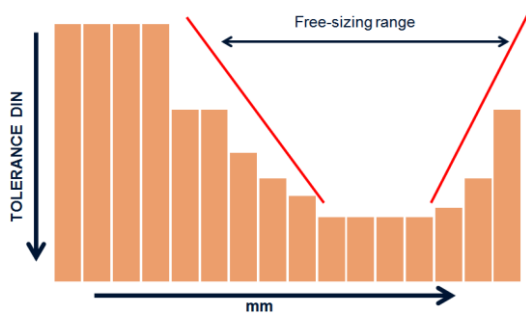
با اندازه کردن آزاد تنظیم دقیق فاصله بین غلتک‌ها حول مقدار اسمی آن، بدون تنظیم خوراکی که از کالیبر قبلی می‌آید، امکان بدست آوردن طیف پیوسته‌ای از قطرهای نهائی بین مقادیر حداقل و حداکثر، همیشه با تفرانس‌های مورد نیاز را فراهم می‌سازد.

دامنه نوردکاری اندازه آزاد متناظر با تفاوت بین حداقل و حداکثر تغییرات فاصله بین غلتک‌ها که امکان حفظ یک حداکثر مقدار مورد نظر بیضی شوندگی را می‌دهد، به صورت تفاوت بین حداکثر و حداقل قطرها بر روی یک سطح مقطع تعریف می‌شود. دامنه اندازه کردن آزاد تأمین شده توسط طرح ۴-غلتکی طبق درجه مورد نیاز تفرانس ابعادی، دقیق یا معمولی، تغییر می‌کند (شکل ۱۴).

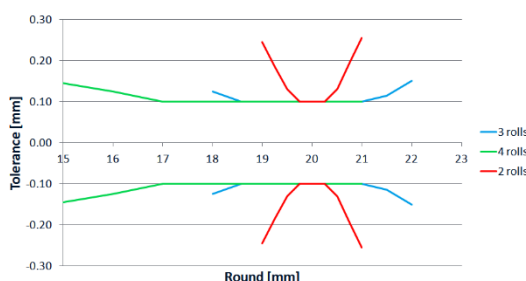
این دامنه وسیعتری از مورد ارائه شده توسط طرح ۳-غلتکی است، که حدود ۱۰ درصد می‌باشد. روشن است

که طراحی ۴-غلتکی امکان دامنه اندازه کردن آزاد گسترده‌تری را فراهم می‌سازد (شکل ۱۵).

نوردکاری تک خانواده و اندازه کردن آزاد به طور چشمگیری نرخ استفاده از ظرفیت خط نورد، انعطاف پذیری عملیات آن، و مدیریت موجودی تجهیزات (غلتک‌ها، راهنماها) را بهبود می‌دهند، کاهش هزینه‌های عملیاتی را به ارمغان می‌آورند. در بازارهای SBQ، حتی دسته‌های تولیدی بسیار کوچکی از اندازه‌های غیر استاندارد را می‌توان به صورت اقتصادی با حداقل تأثیر بر نرخ استفاده از ظرفیت خط نورد، همیشه با تفرانس مورد نیاز تولید کرد. در کوتاه مدت، بهترین عملیات مقرون به صرفه خط نورد را می‌توان اجرا کرد. برای مثال، یک خط نورد EVO قادر به فرآوری ترکیبی از محصول گرد در دامنه ۸۰-۱۴ mm در یک طرح کالیبر تک خانواده، بدون تغییر به خط نورد بعدی، و اندازه کردن آزاد آن به حدود هفتاد قطر کالیبر نهائی با استفاده از ۱۴ مجموعه غلتک است.



شکل ۱۴. تفرانس به دست آمده با اندازه کردن آزاد ۴-غلتکی.



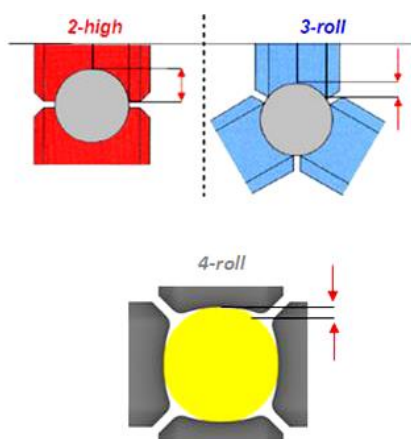
شکل ۱۵. مقایسه تفرانس به دست آمده با اندازه کردن آزاد بین طرح‌های ۲-غلتکی، ۳-غلتکی و ۴-غلتکی.

<sup>1</sup> Peeling

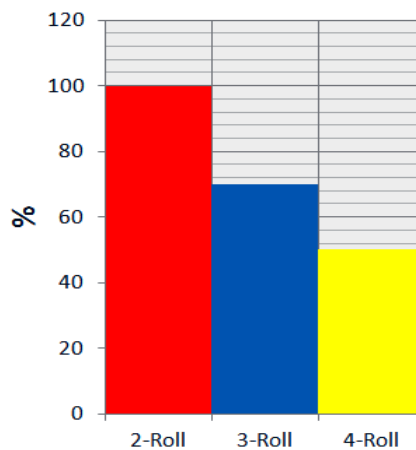


## فرسایش کالیبر

یکی از مهمترین عواملی که سطح شیار غلتک را فرسایش می‌دهد اصطکاک ایجاد شده توسط تفاوت سرعت غلتک و قطعه کار نوردی در مناطق تماس است. از آنجا که در طرح ۴-غلتکی مناطق تماس کوچکتر از طرح‌های ۲-غلتکی و ۳-غلتکی هستند (شکل ۱۶)، تفاوت سرعت کاهش می‌یابد. این تفاوت سرعت، همراه با فشار کمتر نوردکاری، به کاهش فرسایش سطح شیار غلتک کمک می‌کند (شکل ۱۷).



شکل ۱۶. تفاوت سرعت.



شکل ۱۷. مقایسه فرسایش شیار.

## توالی کالیبر

دو قفسه ۲-غلتکی از یک توالی بیضی - گرد با نسبت‌های زیاد کاهش سطح مقطع استفاده می‌کنند، که به ریز شدن عمیق و یکنواخت دانه به دست آمده از سطح تامفرز قطعه کار نوردی، مشابه آنچه که از عملیات آهنگری به دست

می‌آید منتج می‌شود. دانه ریز برای خواص مکانیکی مفید است، و نیز فرآیندهای پایین دستی، همچون پوسته برداری، کشش و خمش فنر را تسهیل نموده، کاهش هزینه‌های مربوطه را به ارمغان می‌آورد.

از آنجا که دانه تمایل به تبلور مجدد دینامیکی در بین پاس‌های تغییر شکل دارد، به حداقل رساندن زمان انتقال از خروجی گروه ۲-غلتکی مهم است. دلیل اینکه چرا گروه ۴-غلتکی بلافاصله پس از قفسه دوم گروه ۲-غلتکی قرار داده است.

سه قفسه ۴-غلتکی از توالی گرد - گرد - گرد با نسبت‌های کاهش سطح مقطع سبک، به منظور به دست آوردن شکل و تکران دقیق استفاده می‌کنند. در حالی که کرنش کمتر تمایل به درشت کردن دانه دارد، طرح ۴-غلتکی به طور مؤثری می‌تواند آنرا توسط کنترل گسترش و یکنواختی کرنش‌های پلاستیک محدود کند.

## تنظیم خط نورد کاهنده و اندازه کننده EVO

عملیات تنظیم خط نورد EVO شبیه به یک ماشین ابزار، یعنی آسان و به طور مداوم در طول زمان قابل تکرار است. آماده سازی قفسه و راهنما در کارگاه غلتک، به موازات نوردکاری انجام می‌شود. این امر به زمان‌های تعویض غلتک‌ها و قفسه‌ها مطابق با شیوه‌های عملیات مدرن منتج می‌شود (جدول ۱).

جدول ۱. زمان‌های تعویض نمونه وار.

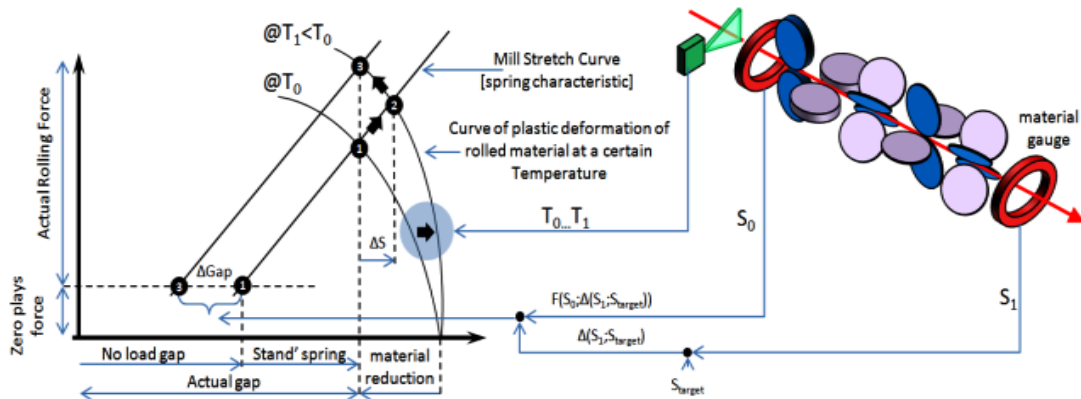
عملیات	۴-غلتک	۳-غلتک	۲-غلتک
تغییر اندازه با اندازه کردن آزاد (فاصله بین غلتک‌ها)	۱ دقیقه	۱ دقیقه	۲ دقیقه
خارج کردن قفسه با اندازه کردن آزاد	۳ دقیقه	۳ دقیقه	۴ دقیقه
تغییر گروه برای یک اندازه خانواده جدید	۵ دقیقه	۵ دقیقه	۵ دقیقه
تعویض غلتک‌ها (۱ قفسه) در کارگاه غلتک	۱۵ دقیقه	۲۰ دقیقه	۲۵ دقیقه

## نکات برجسته ساخت و ساز

خط نورد EVO شامل مبدل‌های<sup>۱</sup> موقعیت و فشار، برای غلتک، در قفسه ۲-غلتکی و ۴-غلتکی می‌باشد.

<sup>1</sup> transducer

## Dimensional Control Module



شکل ۱۸. تنظیم فاصله در زمان واقعی با DCM.

اندازه‌ها را میتوان با مجموعه غلتک‌های پروفیل‌دار با قطر معین، با کاهش مجموعه غلتک‌های مورد نیاز، با صرفه‌جویی در هزینه‌های سرمایه‌ای و عملیاتی فرآوری کرد. چون عملیات‌های تعویض و تنظیم غلتک کاهش می‌یابد، نرخ استفاده از ظرفیت و بنابراین بهره‌وری خط نورد به میزان زیادی بهبود می‌یابد.

هسته نوآوری خط نورد کاهنده و اندازه‌کننده EVO مدرن‌ترین قفسه ۴-غلتکی موجود است. از جمله مزایای متعدد این طراحی آن، قطعاً موارد زیر شایان ذکر است:

- ایده تک خانواده برای عملیات ساده بالا دستی
- دامنه گسترده اندازه کردن آزاد
- نوآوری آسان اندازه‌های غیر استاندارد حتی در دسته‌های تولیدی کوچک
- فرسایش کم غلتک
- کاهش موجودی قطعات تعویضی [غلتک‌ها و راهنماها]
- کاهش زمان‌های تعویض کالیبر و قفسه
- کنترل عالی شکل میله
- دقت ابعادی زیاد در سطح مقطع و در طول کل میله
- بدون نیاز به میله‌های آزمایشی
- تغییر شکل یکنواخت در سطح مقطع
- یکنواختی متالورژیکی ریزساختار
- بهبود بهره‌دهی
- نظم چیدمان

کپسول‌های هیدرولیکی جداگانه‌ای نیز نصب شده است، که موقعیت غلتک‌ها در زمان واقعی و تحت بار را تنظیم می‌کنند. علاوه بر این، همین که عملیات تنظیم انجام شد، نوآوری می‌تواند بلافاصله دوباره برای دستیابی به تolerانس مورد نظر درست از اولین میله، بدون هیچ میله آزمایشی آغاز شود. در موارد اضطراری کپسول‌ها نیز امکان انجام وظیفه ضد جام کردن را فراهم می‌کنند.

به همین ترتیب، سنسورهای دما در گروه ارائه شده‌اند، به طوری که تغییرات دما می‌تواند در طول کل میله پایش شود. تمام اطلاعات فوق در ماژول کنترل ابعادی (DCM<sup>1</sup>)، همراه با اطلاعات مربوط به اندازه، شکل، دما، صلیبیت قفسه (اثر فنری)، فاصله، نیروی نوآوری (یکپارچه شده‌اند. از آنجا که مقاطع ورودی بزرگتر و کوچکتر، و دماهای پایین‌تر یا بالاتر، به ترتیب نیروهای جداکننده را افزایش یا کاهش می‌دهند، DCM امکان تنظیم لازم برای فاصله هر غلتک، در زمان واقعی را فراهم می‌کند (شکل ۱۸).

### خلاصه

خط نورد کاهنده و اندازه‌کننده EVO شرکت پری متالز تکنولوژی به مدرن‌ترین راه حل موجود برای تولیدکنندگان میله با کیفیت فولاد (SBQ) است. با یکپارچه سازی قفسه‌های ۲-غلتکی و ۴-غلتکی، تolerانس بسیار دقیق ابعادی، سطح عالی، و ریزساختار متالورژیکی دقیقاً کنترل شده تامین می‌شود. طیف بسیار گسترده‌ای از

<sup>1</sup> Dimensional Control Module

## گرافن تولید انبوه، تجاری سازی

منتشر شده توسط ستاد ویژه توسعه فناوری نانو<sup>۱</sup>

نویسنده: کان: ندا اسادات فعال نظری، داوود قراییلو

## ۱. مقدمه

خاص و ویژه نموده است. این ماده به خاطر ویژگی های شیمیایی - فیزیکی منحصر به فرد، در صنایع مختلفی نظیر انرژی، الکترونیک، کامپوزیت، پوشش ها، زیست پزشکی، حسگرها، اتومبیل، هوا فضا کاربرد دارد.

گرافن همچنین پتانسیل ویژه ای برای استفاده در نسل آینده ی فناوری نوبنی چون تراشه های کامپیوتری، تلفن های همراه، اینترنت، ابزار الکترونیکی، نمایشگرهای انعطاف پذیر، پیل های خورشیدی و کامپوزیت های ساختاری را داراست. جاذبه هایی این چنین نه تنها سبب توجه بخش علمی و تحقیقاتی، که بخش های صنعتی و سرمایه گذاران دولتی و خصوصی به این ماده شده است؛ به نحوی که در بسیاری از کشورها حمایت های زیر ساختی برای توسعه ی این ماده در نظر گرفته شده است. امریکا، اروپا، کره جنوبی، انگلیس، چین، ژاپن و دیگر کشورهای آسیایی سرمایه گذاری مالی گسترده ای در این حوزه داشته اند.

گرافن، جوانترین عضو خانواده نانومواد کربنی، در سال ۲۰۰۴ توسط آندره گایم و کستانتین نوسلف در دانشگاه منچستر سنتز و با اعطای جایزه نوبل فیزیک ۲۰۱۰ که به افتخار ساخت این ماده ی دوبعدی به این دو دانشمند تعلق گرفت، به جهان علم و فناوری معرفی شد. اکتشاف گرافن موج گسترده ی از تحقیقات و فعالیتهای علمی را به این «ماده شگفت انگیز» در قرن ۲۱ معطوف نمود. گرافن به عنوان یک ساختار دو بعدی از لایه های منفرد لانه زنبوری از جنس کربن ساخته شده است. گرافن به دلیل ویژگی های منحصر به فرد خود محبوبیت زیادی میان جامعه عملی پیدا کرده است برخی از این ویژگی ها به خلاصه در جدول ۱ آمده است.

ویژگی های منحصر به فرد گرافن موجب شده تا طیف وسیعی از تحقیقات به سوی این ماده جادویی قرن بیست و یکم روانه شود. از جمله خواصی که محققان را به سوی این ماده و استفاده کاربردی آن می کشاند شفافیت، رسانش و الاستیسیته است که این ماده را برای استفاده در ادوات الکترونیکی انعطاف پذیر مناسب سازد. تحرک پذیری الکترونی  $\mu$  بالا و نازکی فوق العاده از این ماده ترازیتورهای کارآمدی برای کاربرد RF<sup>۲</sup> می سازد. شفافیت، غیرقابل نفوذ بودن و رسانش آن را برای پوشش های محافظ شفاف مناسب می سازد. لیست کاربردی از این صفات ترکیبی در حال گسترش است و این خصوصیت است که گرافن را در تحقیق و توسعه

جدول ۱. خواص ویژه ی گرافن [۱].

ویژگی	مقدار
تحرک الکترونیکی بالا	$2/5 \times 10^5 \text{ cm}^2 \text{ V}^{-1} \text{ S}^{-1}$ در دمای اتاق
هدایت حرارتی بالا	$> 3000 \text{ WmK}^{-1}$
دانسیته جریان الکتریکی بالا	۱۰۶ بار بالاتر از مس
سطح ویژه بالا	$2360 \text{ m}^2/\text{g}$ گرافن تک لایه
الاستیسیته کششی بالا	حدود ۱ TPa
استحکام ذاتی بالا	حدود ۱۳۰ GPa
عدم نفوذ پذیری	کاملاً غیر قابل نفوذ برای هر گازی
عبور پذیر بالای نوری	حدود ۹۷/۷ درصد

<sup>۱</sup> [rasad@nano.ir](mailto:rasad@nano.ir)<sup>۲</sup> Radio Frequency

## ۲. تحلیل پتنت گرافن

شاخص‌های متعددی برای ارزیابی یک فناوری وجود دارند. از آنجایی که اطلاعاتی که در پتنت‌ها گردآوری و دسته‌بندی شده‌اند، با تقریب خوبی بیانگر وضعیت فناوری در سطح جهانی بوده و با تحلیل پتنت‌های می‌توان اطلاعاتی درباره فرصت‌های موجود و میزان ریسک هر کدام در مقایسه با عملکرد سایر رقبا بدست آورد و با توجه به این واقعیت که چنین اطلاعاتی در منابع اطلاعاتی دیگر از قبیل مقالات موجود نیست، چشم انداز تحلیل پتنت در زمینه گرافن تا سال ۲۰۱۵ [۲]، که توسط مؤسسه‌ی property Office Intellectual (فعال در زمینه تحلیل پتنت‌های حوزه‌های مختلف) در این پژوهش مورد بررسی قرار گرفته است. خلاصه‌ی این تحلیل در جدول ۲ آمده است.

اطلاعات زیر از این تحلیل حاصل شد:

- ثبت پتنت در حوزه‌ی گرافن در سال‌های اخیر رشد فزاینده‌ای داشته است.
- شرکت سامسونگ مقام بزرگ‌ترین مرکز ثبت‌کننده‌ی پتنت در این حوزه را در جهان داراست و بیشترین همکاری خود را در این زمینه با دانشگاه SKKU<sup>۱</sup> دارد. خود این دانشگاه مقام ششم ثبت‌کنندگان پتنت را داراست. به نظر می‌رسد این دو مرکز در آینده جزء رهبران بازار این ماده در دنیا باشند.
- در کنار این دو مرکز کره‌ای، کشور چین نیز رشد قابل ملاحظه‌ای در این حوزه نشان می‌دهد به طوری که تقریباً نیمی از پتنت‌های از کشور چین انتشار یافته است.
- نتایج مقایسه اولویت کشورهای ثبت‌کننده‌ی پتنت با گذشت زمان پیش از سال ۲۰۱۰ و پس از آن نشان از رشد بیش از ۵۰ درصدی کشور چین نسبت به دوره اول دارد که بسیار جالب و چشمگیر است.

- در میان بیست متقاضی برتر ثبت پتنت در حوزه‌ی گرافن، بیشترین شرکت‌ها در چین واقع است.
- تعداد پتنت‌های ثبت شده در موسسات آموزشی و دانشگاهی رقم قابل ملاحظه‌ای دارد و این نشان از این نکته دارد که حوزه‌ی گرافن هنوز یکی از بخش‌های تحقیق محور است. ولی به تجاری سازی این حوزه بسیار نزدیک شده‌ایم. این مطلب را حضور سه شرکت تجاری (سامسونگ (کره)، s King و Ocean<sup>۲</sup> Lighting (چین) و IBM (آمریکا)) در پنج متقاضی ثبت پتنت برتر تصدیق می‌نماید.

نقشه راه این تحلیل نشان می‌دهد، پتنت‌های ثبت شده در شرکت سامسونگ از حوزه ذخیره‌ی انرژی در سال ۲۰۱۳ به حوزه نیمه هادی‌ها و ترانزیستورها در سال ۲۰۱۴ تمرکز یافته است. در شرکت Ocean's King Lighting این حوزه‌های علاقمندی بیشتر در زمینه‌ی ذخیره‌ی انرژی و روش‌های تولید گرافن می‌باشد. اما IBM تمرکز بسیاری بر روی نیمه هادی‌ها در طول این دو سال دارد.

جدول ۲. خلاصه بررسی و تحلیل پتنت گرافن [۲].

۱۳۳۵۵	تعداد خانواده پتنت
۲۵۸۵۵	تعداد ثبت‌کننده پتنت
۲۰۰۵-۲۰۱۴	محدوده زمانی بررسی و تحلیل پتنت
۲۰۱۴	بیشترین ثبت پتنت در سال
سامسونگ (کره)	بیشترین ثبت‌کننده پتنت

## ۳. روش‌های تولید انبوه گرافن

هر یک از این روش‌های سنتز برای کاربردی مشخص قابل استفاده است و باعث ایجاد ویژگی معینی در محصول گرافنی می‌شود. در جدول ۳ ویژگی‌های محصولات و کاربردهای روش‌های مختلف سنتز گرافن بر اساس ابعاد محصول و میزان تحرک حامل‌های بار  $\mu$  آمده است.

<sup>۱</sup> Sungkyunkwan University



جدول ۳. روش‌های مختلف سنتز گرافن، محصولات و ویژگی‌های مربوط به هر محصول [۳].

روش	سایز کریستالیت $\mu\text{m}$	ابعاد نمونه mm	تحرک الکترونی $\mu$	کاربرد
لایه برداری میکرومکانیکی	۱۰۰۰	۱	$2 \times 10^5 \text{ cm}^2 \text{ V}^{-1} \text{ S}^{-1}$ $10^6 \text{ cm}^2 \text{ V}^{-1} \text{ S}^{-1}$ (@T= K ۴) $2 \times 10^4 \text{ cm}^2 \text{ V}^{-1} \text{ S}^{-1}$ @RT	تحقیقات بنیادی
ورقه ورقه ساختن گرافیت در فاز مایع	۰/۰۱-۱	۰/۱-۱ $\infty$ as overlapping flakes	$100 \text{ cm}^2 \text{ V}^{-1} \text{ S}^{-1}$ (for a layer of overlapping flakes) @RT	جوهر، پوشش‌ها، رنگ‌ها، باتری‌ها، سوپرکازن‌ها، پیل خورشیدی، پیل سوختی، کامپوزیت‌ها، حسگرها، کانداکتورهای شفاف، فتونیک، الکترونیک و اپتوالکترونیک انعطاف پذیر، کاربردهای زیستی
ورقه ورقه ساختن اکسید گرافیت در فاز مایع	>۱	>۱ $\infty$ as overlapping flakes	$1 \text{ cm}^2 \text{ V}^{-1} \text{ S}^{-1}$ (for a layer of overlapping flakes) @RT	جوهر، پوشش‌ها، رنگ‌ها، باتری‌ها، سوپرکازن‌ها، پیل خورشیدی، پیل سوختی، کامپوزیت‌ها، حسگرها، کانداکتورهای شفاف، فتونیک، الکترونیک و اپتوالکترونیک انعطاف پذیر، کاربردهای زیستی
رشد همبافته بر روی SiC	۱۰۰	۱۰۰ (6")	$6 \times 10^6 \text{ cm}^2 \text{ V}^{-1} \text{ S}^{-1}$ (@T= K ۴)	ترانزیستور رادیوفرکانس سایر ادوات الکترونیک
CVD	۱۰۰۰۰	۱۰۰۰	$6/5 \times 10^4 \text{ cm}^2 \text{ V}^{-1} \text{ S}^{-1}$ @T=1/K $3 \times 10^4 \text{ cm}^2 \text{ V}^{-1} \text{ S}^{-1}$ @RT	نانو الکترونیک، فتونیک، حسگرها، کانداکتورهای شفاف، کاربردهای زیستی، ادوات الکترونیکی انعطاف پذیر

شرکت سامسونگ با ثبت ۱۶ پتنت در این حوزه در صدر قرار دارد.

- روش‌های زیادی برای تولید گرافن وجود دارد. انتخاب هر یک از این روش‌ها به ویژگی‌های مورد نیاز و شکل خروجی محصول هر روش سنتز برمیگردد.
- به طور کلی روش‌های CVD و رشد اپیتاکسی برای تولید فیلمی با کیفیت و مساحت بالا با هدایت الکتریکی و حرارتی بالا و شفافیت نوری فوق العاده جهت تولید ادوات الکترونیکی مناسب است.
- در مورد کاربردهایی نظیر فیلرهای پلیمری و رنگ‌ها و جوهرهای رسانا، کیفیت گرافن اهمیت چندانی ندارد و به جای آن در دسترس بودن مقدار زیاد از این ماده به شکل پودر یا نانوپولک با قیمت مناسب مهم است. در چنین شرایطی روش‌های ورقه ورقه ساختن گرافیت روش مناسبی است.
- برای کاربردهایی همچون الکترودهای مورد استفاده در باتری‌ها و سوپرکازن‌ها و حسگرها حد میانه‌ای

با تحلیل پتنت‌های روش‌های تولید انبوه گرافن که به شکل گزارشی در مجله «Hot Technology» منتشر شده [۴] مسیرهای مناسب تجاری سازی گرافن مورد بررسی قرار گرفته است. خلاصه‌ای از نتایج تحلیل پتنت‌های مربوط به روش‌های تولید انبوه گرافن در ذیل آمده است:

- از سال ۲۰۰۹ رشد سریعی در تعداد ثبت پتنت در زمینه‌ی سنتز و تولید انبوه گرافن ایجاد شده است که این نشان از افزایش پتانسیل تجاری سازی این محصول در سالهای اخیر دارد.
- آمریکا با بیشترین تعداد پتنت در حوزه تولید انبوه گرافن، از پیشروان این حوزه محسوب می‌شود. پس از آمریکا، به ترتیب کشورهای کره جنوبی، چین، ژاپن و اروپا در رده‌های بعدی قرار می‌گیرند.
- بیشترین تعداد پتنت در زمینه روش‌های تولید انبوه گرافن، توسط مراکز آموزشی و دانشگاهی در کل دنیا به ثبت رسیده است (۱۱۷ پتنت و حدود ۵۰ درصد). در رتبه بعدی ثبت کنندگان مستقل هستند که تعداد ۳۰ پتنت ثبت شده در این حوزه دارند.

از خلوص در پولک‌های گرافنی مورد نیاز است و روشی که برای این محصولات مناسب است روش ورقه ورقه کردن گرافیت در فاز مایع و یا احیای گرافن اکسید می‌باشد.

- شرکت‌های چند ملیتی همچون سامسونگ، IBM و هیتاچی بیشتر روش CVD را برای رسیدن به محصولی با کیفیت در حوزه الکترونیک و اپتوالکترونیک انتخاب نموده‌اند.
- در مقابل شرکت‌های نوپایی نظیر Nanotech (Angstrom Materials) Instruments ، XG ، Materials Corp Sciences ، Vorbeck به روش‌هایی مانند ورقه ورقه ساختن گرافیت و سنتز شیمیایی روی آورده‌اند و معمولاً محصول این شرکت‌ها پولک یا پودر گرافنی بوده است که برای کاربردهایی نظیر پرکننده پلیمر، الکتروود باطری‌ها و سوپرکازن‌ها و جوهرهای رسانا مورد استفاده قرار می‌گیرد.
- مراکز آموزشی-تحقیقاتی به روش‌های متنوعی نظیر ورقه ورقه ساختن الکتروشیمیایی، روش‌های سنتز به همراه مایکروویو، ورقه ورقه کردن در فاز مایع، سنتز شیمیایی و CVD روی آورده‌اند.

#### ۴. وضعیت تولید جهانی گرافن

پنج سال پیش تنها تعداد معدودی از شرکت‌های دانش بنیان مثل Materials Angstrom ، Materials Vorbeck and XG Sciences حجم بالایی از صفحات گرافنی را تولید می‌کردند. اما اخیراً شرکت‌های متعددی شکل گرفته‌اند که در حال حاضر صفحات گرافنی با مساحت و خلوص بالا در مقیاس صنعتی تولید و به بازار عرضه می‌کنند، این صنعت به ویژه در چین پیشرفت زیادی داشته است.

انتخاب فرایند تولید انبوه به عواملی همچون راندمان، هزینه، آلودگی‌ها، راحتی تولید، مقیاس تولید و

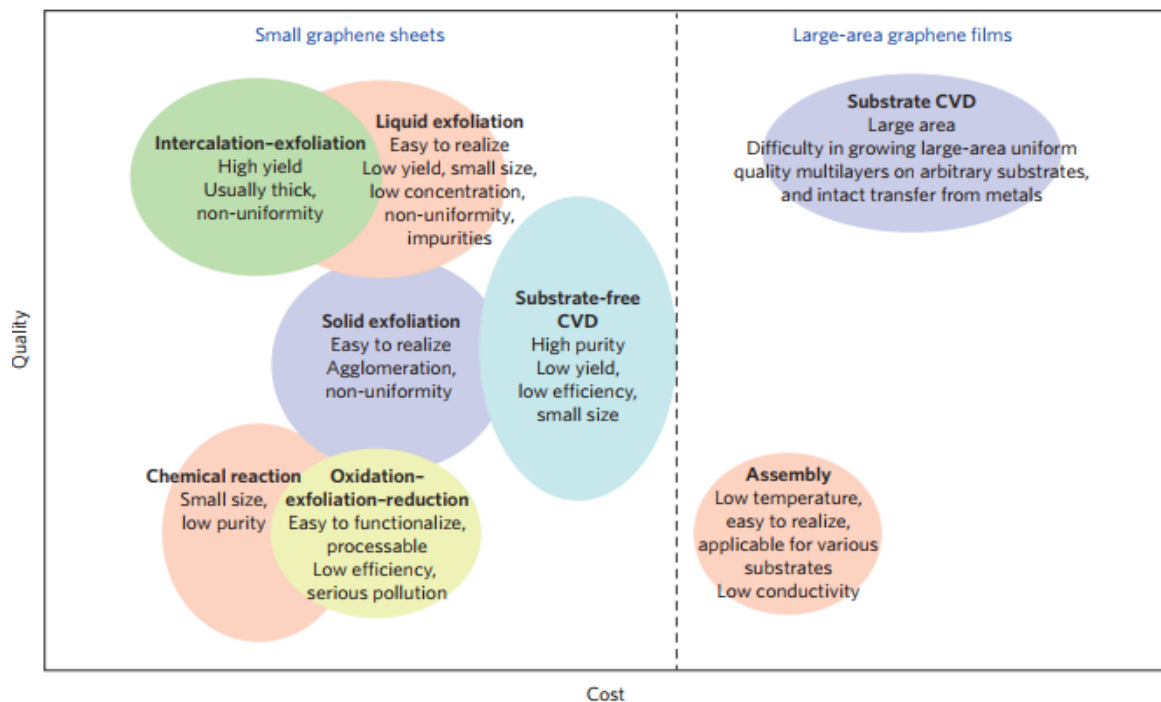
ویژگی‌های مورفولوژی و ساختار ذاتی محصول هر روش تولیدی برای مثال ضخامت، ابعاد صفحات، شیمی سطح، قابلیت انحلال، میزان عیوب و ناخالصی و هدایت الکتریکی و حرارتی بستگی دارد. برای تولید تک لایه یا چند لایه‌ای یکپارچه گرافنی با عملکرد و راندمان بالا چالش‌هایی پیش روی تمامی روش‌های تولید انبوه وجود دارد.

چینش شیمیایی و CVD دو روش عمده تولید صفحات بزرگ گرافنی است (شکل ۱). چینش شیمیایی بر روی زیرپایه‌های مختلف در دمای پایین قابل انجام است ولی فیلم بدست آمده خواص ضعیف هدایت الکتریکی از خود نشان می‌دهد. در روش CVD امکان تولید فیلم گرافنی با کیفیت بالا از طریق تجزیه هیدروکربن‌ها بر روی صفحات فلزی (مس، نیکل، پلاتین و آلیاژها) در دما بالا، وجود دارد که پس از فرایند سنتز این پوشش با روش‌های مختلف به زیرپایه‌ای همچون شیشه یا پلیمر جهت استفاده در کاربرد فیلم هادی شفاف (TCF)<sup>۱</sup> منتقل می‌شود. با روش Roll-to-Roll (R2R) CVD می‌توان صفحات TCF با مساحت بیشتری تولید نمود.

#### ۵. تولید صنعتی پولک‌های گرافنی

لایه برداری گرافیت روشی است که عمدتاً برای تولید پولک‌های گرافنی در مقیاس صنعتی استفاده می‌شود. دو تولیدکننده مطرح Material Angstrom در آمریکا و Thomas Swan در انگلیس از روش لایه برداری مستقیم در محیط مایع جهت تولید پولک گرافنی با کیفیت بالا، استفاده می‌کنند. Thomas Swan از سپتامبر ۲۰۱۴ طی یک فرایند یکپارچه به تولید چند کیلوگرمی در روز با این روش پرداخته است. با این روش محصول بدست آمده مخلوطی از تک لایه و یا چند لایه‌ای نانو گرافنی به همراه پولک‌های گرافیتی نازک است. از مشکلات این روش آلودگی ناشی از حضور سورفکتانت یا حلال‌های آلی است.

<sup>۱</sup> Transparent conductor film



شکل ۱. مقایسه کیفیت و هزینه تولید گرافن با روش‌های مختلف [۵].

باتری‌ها و سوپرکازن‌ها مناسب می‌سازد. مجموعه‌ی Sixth Element خط تولیدی با ظرفیت ۱۰۰ تن، در سال ۲۰۱۳ تأسیس کرد. شرکت امریکایی Vorbeck Material فناوری مشابهی برای تولید گرافن عامل دار با مورفولوژی چروکیده را وارد بازار کرده است [۷]. مجموعه‌های Sciences, Ningbo Morsh Technology and Deyang Carbonene Technology با روش لایه برداری غیر اکسیدی، گرافنی با کیفیت بالا تولید نموده‌اند که برای کاربردهایی با هدایت الکتریکی و حرارتی بالا مناسب است. این فرایند که برای تولید در مقیاس صنعتی مناسب است، راندمان بالا و آلودگی کمتری به همراه دارد. XG Science به تولید سالانه ۸۰ تن در سال ۲۰۱۲ رسیده است. محصولات این شرکت ضخامتی بین ۲ تا ۱۵ نانومتر دارند. شرکت Morsh Ningbo خط تولید خود را با ظرفیتی معادل ۳۰۰ تن (گرافن با ضخامت متوسط ۳ nm) در سال ۲۰۱۳ راه اندازی کرده است. شرکت Deyang Carbonene با استفاده از روش اختصاصی اینترکلیشن-انبساط-متورق

تولیدکنندگان چینی گرافن اغلب روش اکسیداسیون-ورقه ورقه سازی-احیا [۶ و ۷] و روش اینترکالیشن<sup>۱</sup> -ورقه ورقه سازی را برای تولید پولک‌های گرافنی استفاده می‌کنند [۸]. مجموعه The Element (Changzhou) Material Sixth و Tianjin Plannano با اکسیداسیون و تشکیل گروه اکسیدی عامل دار که با پیوند کووالانسی به گرافن اتصال یافته است، برهم کنش بین لایه‌های گرافیت را تضعیف می‌نمایند. این روش تولیدی راندمان پایینی داشته و موجب تخریب بالای ساختار گرافنی و آلودگی زیاد در محصول نهایی می‌شود. ولی لایه برداری از گرافیت اکسید خالص در آب، بوسیله هم زدن یا اولتراسونیک می‌تواند منجر به تولید گرافن اکسیدی شود که محلول در آب بوده و برای استفاده در بسیاری از کاربردها مناسب است. اکسید گرافن معمولاً بسیار نازک بوده و قابلیت احیا شدن به گرافن را دارا است. حضور عیوب ساختاری و گروه‌های عاملی در این روش سنتز محصول را برای کاربردهایی نظیر کاتالیست‌ها، کامپوزیت‌ها و ترکیب الکترودهای مورد استفاده در

<sup>1</sup> Intercalation

سازی، گرافنی با تعداد لایه‌های کمتر از ۱۰، با کیفیت بالا، با عملکردی بیش از ۹۰ درصد وزنی و با هدایت الکتریکی بالا تولید نموده است. خط پایلوت ۱/۵ تن در سال، از اکتبر ۲۰۱۲ راه اندازی شده و خط تولید ۱۰۰ تن در سال در دست راه اندازی است.

برخلاف تولید انبوه ماده پولک گرافنی، صنعت تولید محصولاتی کاربردی با استفاده از پولک‌های گرافنی هنوز در مراحل اولیه خود به سر می‌برند. تقریباً تمامی تولیدکنندگان گرافن تلاش‌هایی برای استفاده از این مواد در کاربردهای مختلفی چون ذخیره انرژی، کامپوزیت‌ها و پوشش‌های ویژه الکترونیکی انجام داده‌اند. چین یکی از بزرگترین کشورهای تولیدکننده‌ی باتری لیتیومی در دنیاست. تحقیقات برای استفاده از پولک‌های گرافنی در باتری‌های لیتیومی به عنوان افزودنی هادی در الکترودها و یا پوشش‌های کلکتور جریان در چین بیشترین سابقه را نسبت به دیگر نقاط دنیا داراست. به واسطه‌ی ساختار دوبعدی، هدایت الکتریکی بالا و خاصیت نفوذ ناپذیری پولک‌های گرافنی استفاده از این ماده در زمینه پوشش‌های آنتی استاتیک و ضد خوردگی نیز مورد تحقیق و بررسی قرار گرفته است. زمینه‌ی دیگر تحقیقات کاربردی در چین، استفاده از پولک‌های گرافنی با هدایت حرارتی بالا در ادوات الکترونیکی نظیر تلفن‌های همراه و دیودهای نوری به عنوان انتقال دهنده‌ی سریع حرارت جهت جلوگیری از گرمایش این ادوات است.

## ۶. تولید صنعتی لایه‌های نازک مسطح بزرگ

امریکا و کره جنوبی به عنوان پیشگامان رشد فیلم گرافنی با روش CVD در دنیا شناخته شده‌اند. این دو کشور به همراه ژاپن و چین تولیدکنندگان فیلم گرافنی در دنیا را تشکیل می‌دهند. Global Tech Bluestone در امریکا تولید فیلم گرافنی با روش CVD را در سال ۲۰۱۱ بر روی زیر پایه‌های مس، و یفر  $\text{SiO}_2 / \text{Si}$  و لایه‌ی انعطاف پذیر (PET) آغاز نمود. بزرگترین لایه‌ای که توسط این شرکت تولید شده مساحت  $24 \times 30 \text{ inch}^2$  بر روی زیر

پایه مس را داراست. Bae و همکارانش از دانشگاه Sungkyunkwan کره با همکاری شرکت سامسونگ در سال ۲۰۱۰ برای اولین بار روش R2R را برای تولید فیلم گرافنی TCF با ابعاد ۳۰ اینچ گزارش کردند. در حال حاضر چندین تولیدکننده‌ی فیلم گرافنی با روش CVD همچون Graphene Square در کره مشغول به فعالیت هستند. در سال ۲۰۱۲ شرکت سونی روش جدیدی مبتنی بر R2R را معرفی نمود که در آن به صورت مستقیم از جریان الکتریکی برای گرمایش زیرپایه مسی بجای روش‌های معمول حرارت دهی زیر پایه استفاده می‌شد و با این روش امکان تولید فیلم گرافنی با طولی بیش از ۱۰۰ متر فراهم شد.

علاوه بر امریکا و کره، چین نیز فعالیت‌های مؤثری در زمینه‌ی فیلم گرافنی انجام داده است از این جمله می‌توان به رشد تک بلور در ابعاد بزرگ، تک لایه‌ی خالص گرافنی، شبکه‌ی سه بعدی گرافنی، و روش غیر مخرب الکتروشیمیایی همراه حباب انتقال فیلم گرافنی از زیر پایه فلزی به زیر لایه مورد نظر اشاره نمود که در حال حاضر توسط برخی از تولیدکنندگان مورد استفاده قرار می‌گیرد. وجود بازار گسترده‌ی تلفن‌های هوشمند در چین از یک طرف و این که چین بزرگترین کشور تولیدکننده‌ی پنل‌های لمسی در جهان است از سوی دیگر، سبب رشد چشمگیر تولید صنعتی فیلم‌های گرافنی با مساحت بالا در ۳ سال اخیر در این کشور شده است. در ژانویه ۲۰۱۲ شرکت 2D Carbon Tech اولین صفحه لمسی خازنی بر پایه گرافن را به دنیا ارائه کرد. این شرکت در ماه می ۲۰۱۳، خط تولید تجاری این محصول را با ظرفیت  $\text{m}^2$  ۳۰۰۰۰ در سال راه اندازی نمود.

در دسامبر ۲۰۱۳، Wuxi Graphene Film خط تولید خود را با تولید ۵ میلیون محصول صفحه-لمسی در سال تکمیل نمود. شرکت PowerBooster تولید گرافن TCF ۶۰ اینچی را در سال ۲۰۱۲، فیلم گرافنی  $\text{m}^2$  ۷/۵ بر روی مس

polyethylene terephthalate



و پنل‌های لمسی تک/چند نقطه‌ای ۳ تا ۲۰ اینچی را در سال ۲۰۱۳ وارد بازار نموده است.

## ۷. تجاری سازی

بر اساس پیش بینی‌های انجام شده بازار گرافن در دهه پیش‌رو با رشدی همراه با فراز و نشیب روبرو است. بر اساس گزارش «گرافن: فناوری‌ها، کاربردها و بازار» که توسط BCC منتشر شده است، بازار جهانی گرافن با شاخص رشد سالانه ۵۸/۷ درصد از ۶۷ میلیون دلار در سال ۲۰۱۵ به ۶۷۵ میلیون دلار در سال ۲۰۲۰ خواهد رسید. در گزارش دیگر با عنوان «بازار جهانی برای گرافن تا سال ۲۰۱۷» که توسط موسسه‌ی بازارهای آینده در سال ۲۰۱۱ تهیه گردیده است، تخمین زده شده که حجم گرافن تولیدی از ۲۸ تن در سال ۲۰۱۰ به ۵۷۳ تن در سال ۲۰۱۷ خواهد رسید. با این وجود چالش‌هایی پیش روی تجاری سازی این حوزه از محصولات وجود دارد که از این جمله می‌توان به حجم تولید، هزینه‌های تولید، مقاومت از جانب صاحبان فناوری‌های مشابه موجود، ذخیره و حمل و نقل و سلامت و ایمنی این محصول به عنوان نانو ماده‌ای جدید اشاره کرد. در این میان فرصت‌هایی برای سرعت بخشی به روند تجاری سازی این حوزه وجود دارد که اولین آنها تمرکز بر روی کاربردهایی که در حال حاضر موانع کمتری برای تجاری سازی دارند و در کوتاه مدت با تجاری سازی موفق روبرو خواهند شد و به کاربردهای نیچ<sup>۱</sup> (جاویژه) موسومند.

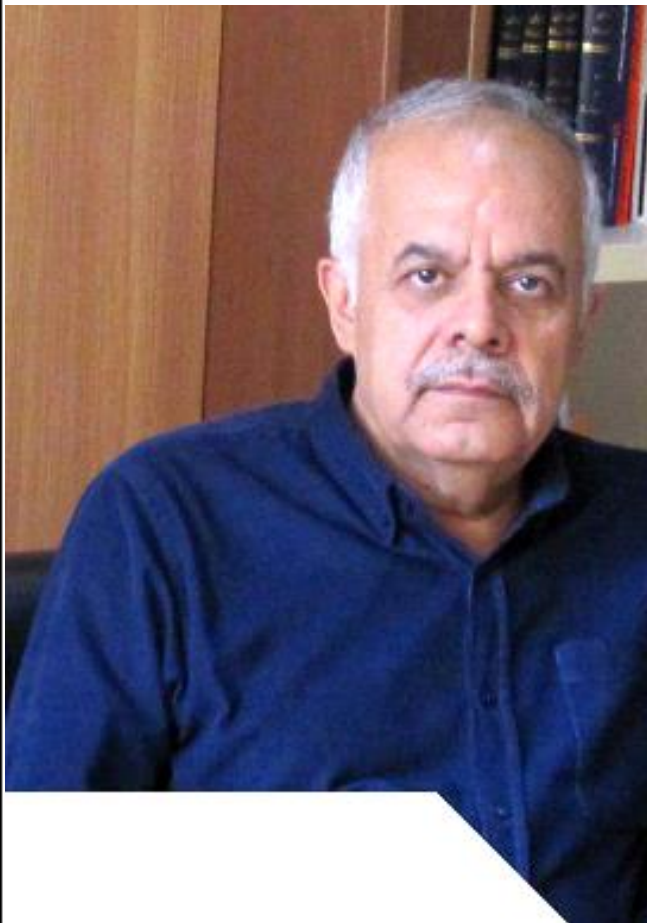
## ۸. جمع بندی

بی‌شک گرافن به واسطه‌ی ویژگی‌های چندگانه‌ی فوق العاده خود و دریچه‌ای که به سوی کاربردهای متنوع فناوری جدید می‌گشاید، به عنوان یکی از پرتعدادترین مواد نوین مطرح است. با این وجود موانعی در مسیر رشد این ماده وجود دارد که با شناسایی شده و برای رفع آنها تدابیری اتخاذ شود. در حال حاضر در حوزه‌های مختلف از گرافن استفاده می‌شود، از آنجایی که روش‌های تولید

مختلف، تاثیر به سزایی روی کیفیت و ویژگی‌های گرافن دارد، برای استفاده در هر حوزه روش خاصی پیشنهاد می‌شود که خلاصه‌ای از آنها در این گزارش آمده است. آمریکا و کره جنوبی از کشورهای پیشرو در تولید انبوه گرافن هستند. دو شرکت سامسونگ و IBM نیز از این دو کشور، به عنوان اصلی‌ترین صاحبان پتنت در بخش گرافن هستند. در حال حاضر شرکت‌های متعددی در جهان روی گرافن و محصولات گرافنی سرمایه گذاری کرده‌اند و محصولات متعددی نظیر ادوات الکترونیکی با کمک گرافن تولید شده است. پیش بینی‌های انجام شده توسط شرکت‌های معتبر نشان می‌دهد که بازار گرافن در حال گسترش بوده و سرمایه گذاری در این حوزه ادامه دارد.

## منابع

- [1] Rosaria Ciriminna et al., "Commercialization of Graphene-Based Technologies: A Critical Insight", ChemComm, 2015, DOI: 10.1039/C5CC01411E.
- [2] UK Intellectual Property Office Informatics Team "Graphene, The worldwide patent landscape in 2015"
- [3] Andrea C. Ferrari et al "Science and technology roadmap for graphene, related two-dimensional crystals, and hybrid systems" Nanoscale, 2015, DOI: 10.1039/C4NR01600A
- [4] Samba Sivudu Kurva and Yashwant Mahajan, CKMNT "Challenges and Opportunities for the Mass Production of High Quality Graphene: An Analysis of Worldwide Patents." 2012.
- [5] Wencai Ren and Hui-Ming Cheng "The global growth of grapheme" NATURE NANOTECHNOLOGY | VOL 9 | OCTOBER 2014, 726-730.
- [6] Stankovich, S. et al. Carbon 45, 1558-1565 (2007).
- [7] Schniepp, H. et al. J. Phys. Chem. 110, 8535-8539 (2006).
- [8] Pei, S. F. et al. Method for preparing high-quality graphene. Chinese patent ZL. 201110282370.5 (2011).



# مصاحبه‌ای با مدیر عامل شرکت سرمایه‌گذاری و توسعه فولاد جنوب

در این شماره از مجله مصاحبه‌ای با مدیر عامل شرکت سرمایه‌گذاری و توسعه فولاد جنوب، جناب آقای مهندس رستی انجام شده است که در ادامه می‌خوانید:

توسعه یافته است:

ارائه خدمات تخصصی و پیمانکاری EPC  
حمل و نقل ریلی، جاده‌ای و دریایی  
بازرگانی داخلی و خارجی  
تولید و فرآوری مواد معدنی

## ❖ مهمترین دستاوردهای شرکت سرمایه‌گذاری و توسعه فولاد جنوب در سال ۹۵ چه بوده است؟

- توسعه فعالیت‌ها در حوزه استخراج مواد معدنی (سنگ آهک)  
- نصب و راه‌اندازی واحد تولید جرم‌های نسوزمیزی و دریافت گواهی کیفیت از مصرف‌کننده  
- خرید و تجهیز کارگاه تعمیرات ترانس و موتورهای فشار قوی در شهرک شماره ۳ اهواز در مجاورت شرکت فولاد خوزستان  
- برنامه‌ریزی در جهت دستیابی به بازار صادرات محصولات فولادی در کشور غنا

## ❖ به نظر شما چه عواملی طی سال‌ها به پیشرفت

## ❖ درباره شرکت سرمایه‌گذاری و توسعه فولاد جنوب و پیشینه آن برای خوانندگان مجله پیام فولاد توضیحاتی بفرمائید؟

تأسیس و تکمیل زنجیره تأمین صنعت فولاد خصوصاً فولاد سازی‌های استان خوزستان با توجه به مزیت‌های متعدد کشورمان در تولید فولاد و نیاز داخلی و مجاورت با کشورهای حوزه خلیج فارس مهمترین هدف برای تأسیس شرکت سرمایه‌گذاری و توسعه فولاد جنوب بوده است. در این زمینه بهره‌مندی از توان و تخصص و تجارب ارزشمند سرمایه‌های انسانی صنعت فولاد خصوصاً بازنشستگان بعنوان مهمترین مزیت مورد توجه قرار گرفته است. در سال ۱۳۸۲ ایده سازمان‌دهی به نیروهای بازنشسته متخصص در شرکت فولاد خوزستان منجر به تأسیس شرکت هلدینگ با ترکیب سهامداری شرکت تعاونی مصرف کارگران مجتمع فولاد اهواز، شرکت تعاونی کارکنان گروه ملی صنعتی فولاد ایران، شرکت تعاونی مصرف فولاد آذربایجان شد تا پرسنل این سه شرکت بصورت غیر مستقیم سهامدار شرکت جدید التأسیس شوند. بر این اساس فعالیت هلدینگ سرمایه‌گذاری و توسعه فولاد جنوب در حوزه‌های زیر در قالب ۱۵ شرکت

## شرکت سرمایه‌گذاری و توسعه فولاد جنوب کمک کرده است؟

ساختار چابک و بهره‌مندی از سرمایه‌های انسانی توانمند و معرب (بازنشستگان صنعت فولاد)، شناخت دقیق و نزدیک نیازهای مشتری و تلاش در جهت تأمین رضایت حداکثری مشتریان، صرف نظر از روابط نزدیک فی مابین مهمترین عامل توفیق هلدینگ سرمایه‌گذاری و توسعه فولاد جنوب طی سنوات فعالیت بوده است.

شایان ذکر است ارائه خدمات شرکت‌های تابعه به شرکت فولاد خوزستان طی سنوات فعالیت فقط از طریق حضور در مناقصات و رقابت با رقبای صورت گرفته است.

## ❖ مهمترین اقدامات انجام شده در حوزه تأمین مواد اولیه شرکت و در راستای تحقق اقتصاد مقاومتی در شرکت سرمایه‌گذاری و توسعه فولاد جنوب را به اختصار توضیح دهید؟

مدیریت عوامل تولید و هزینه‌ها و تلاش در جهت هم‌افزایی هر چه بیشتر در شرکت‌های گروه اعم از واحدهای تولیدی و خدماتی و تأمین اقلام مورد نیاز صنعت فولاد از جمله اقدامات این هلدینگ در راستای اقتصاد مقاومتی بوده است.

## ❖ مهمترین مسائل و چالش‌های داخلی و خارجی صنعت فولاد که از صنایع کلیدی ایران به حساب می‌آید و بررسی و رفع مشکلات آن تأثیر به‌سزایی در رشد اقتصادی و صنعتی کشور را دارد، چگونه ارزیابی می‌کنید؟

در شرایط فعلی مهم‌ترین مشکل فولاد کشور رکود مصرف داخلی است و این رکود مصرف و کمبود نقدینگی را می‌توان مشکل بزرگ این صنعت دانست. از طرف دیگر شرکت‌هایی که صادرات دارند و در رأس آن شرکت فولاد خوزستان با صادرات محصولات خود که اولاً بحران اصلی خود را حل کرده است و از طرف دیگر باعث عرضه کمتر فولاد در داخل کشور شده و بدین طریق عرضه و تقاضای داخلی را بالانس نموده که باعث نجات سایر فولادسازان شده است.

## ❖ شرکت سرمایه‌گذاری و توسعه فولاد جنوب چه ظرفیت‌ها و فرصت‌هایی برای سرمایه‌گذاری داخلی و خارجی دارد؟

شرکت ما از نظر میزان سرمایه شرکت بزرگی نیست و تاکنون موفق شده‌ایم شرکتی در امارات و شرکتی در عمان تأسیس کنیم و بزودی شرکت دیگری در یکی از کشورهای آفریقائی تأسیس خواهیم کرد. در داخل ایران نیز سیزده شرکت فعال داریم.

## ❖ با توجه به تحولاتی در بازارهای مختلف اقتصادی ایران و جهان، وضعیت کنونی بازار فولاد را متأثر از این تحولات چطور ارزیابی می‌کنید؟

فعلاً که وضعیت فولاد سازی‌های داخلی به یمن صادرات بعضی از شرکت‌ها که عرضه و تقاضا را بالانس نموده است، بد نیست. شرایط کشور نیز به آرامی در حال بهبود است و در چند سال گذشته هر سال از سال قبل بهتر بوده است.

## ❖ آیا در شرکت شما برنامه‌ای جهت استفاده و به‌روز رساندن آخرین دستاوردهای فناوری در تولید فولاد در نظر گرفته شده است؟ لطفاً تشریح بفرمائید؟

شرکت MMTE و شرکت مهندسی مشاور پیشگامان فولاد جنوب دو شرکت مهندسی موفق هستند و شرکت MMTE در زمینه احیاء مستقیم سرآمدترین شرکت مهندسی و EPC کار کشور است. واحدهای احیاء احداث شده از طرف این شرکت معمولاً در یکی دو ماه اول تولید به اسمی رسیده‌اند. حتی واحدهای مگامدول که اخیراً راه اندازی شده‌اند، در کمترین زمان ممکن به ظرفیت اسمی رسیده‌اند و از نظر کارکرد این واحدها با بهترین واحدهای دنیا رقابت می‌کنند. شرکت مهندسی مشاور پیشگامان فولاد جنوب نیز کارهای ارزنده‌ای در شرکت فولاد خوزستان و شرکت فولاد شادگان انجام داده است.

## ❖ به نظر شما با چه روشی می‌توان در ایران به جای خرید فناوری، خود در ایران تولیدکننده فناوری‌های جدید شویم؟

قدم اول داشتن قانون کپی رایت است. بطوری که هر فرد حقیقی یا حقوقی فناوری جدیدی را ایجاد کند حق استفاده از آن در اختیار خودش باشد.

## برگزاری دوره های آموزشی انجمن آهن و فولاد ایران

کمیته آموزش انجمن آهن و فولاد ایران به منظور شناخت هرچه بیشتر نیازها و استعداد های واحدهای صنعتی و گسترش امر آموزش، آمادگی خود را در برپایی دوره های آموزشی - کاربردی در زمینه های مختلف آهن و فولاد اعلام می دارد. لذا از کلیه مسئولان و صاحبان صنایع که علاقمند به برگزاری دوره های آموزشی که تاکنون از طرف انجمن ارائه شده و یا دوره های آموزشی خاص دیگری که مورد نیاز آن مؤسسه است، تقاضا می گردد از طریق تکمیل فرم زیر، این انجمن را مطلع فرمایند. بدیهی است دوره های پیشنهادی از طرف متقاضیان قابل بررسی و اجراست.

### فرم درخواست برگزاری دوره های آموزشی توسط انجمن آهن و فولاد ایران

بدینوسیله اینجانب ..... درخواست برگزاری □ دوره آموزشی یا □ سمینار در  
زمینه ..... را دارم.  
نام و نام خانوادگی: ..... سمت: ..... نام مؤسسه: .....  
آدرس مؤسسه: .....  
تلفن: ..... شماره: .....

امضاء و تاریخ

ردیف	عنوان دوره	نام استاد	مدت
۱	تکنولوژی تولید فولادهای کیفی	مهندس جولازاده	۲ روزه
۲	فرایند تولید چدن در کوره بلند	مهندس جولازاده	۳ روزه
۳	روش های بالا بردن بهره وری و صرفه جویی انرژی در کوره بلند	مهندس جولازاده	۳ روزه
۴	فرایند تولید کک به روش بازیافت مواد شیمیایی	مهندس جولازاده	۳ روزه
۵	فرایند تولید فولاد به روش کنورتراکسیژنی	مهندس جولازاده	۳ روزه
۶	شاخص های پایداری در صنایع فولاد	مهندس جولازاده	۱ روز
۷	بهبودسازی مصرف انرژی در صنایع فولاد	مهندس جولازاده	۳ روزه
۸	اکولوژی صنعتی و ملاحظات زیست محیطی در صنایع فولاد	دکتر میرغفاری	۱ روزه
۹	متالورژی فرآیند ریخته گری مداوم	دکتر علیزاده	۳ روزه
۱۰	فرآیند انجماد در ریخته گری مداوم	دکتر علیزاده	۳ روزه
۱۱	ایمنی و بهداشت (بسته به استفاده مواد شیمیایی)	دکتر رضائیان	۱ الی ۲ روزه
۱۲	روش های کنترل و بازرسی خوردگی فلزات در صنعت	دکتر دهکردی	۵ روزه
۱۳	پایش و مانیتورینگ خوردگی	دکتر دهکردی	۳ روزه

ردیف	عنوان دوره	نام استاد	مدت
۱۴	خوردگی در سیستم‌های آبگرد (کولینگ) و روش‌های جلوگیری از آن	دکتر اشرفی	۲ روزه
۱۵	بررسی مکانیزم تخریب قطعات و تجهیزات صنعتی	دکتر اشرفی	۲ روزه
۱۶	آشنایی با روش‌های آزمایشگاهی و صنعتی تعیین میزان خوردگی	دکتر اشرفی	۲ روزه
۱۷	شناخت و عیب‌یابی ترانسفورمرهای قدرت	دکتر معلم	۳ روز
۱۸	عیب‌یابی و پایش موتورهای الکتریکی	دکتر معلم	۳ روز
۱۹	اصول جایگزینی و انتخاب بهینه موتورهای الکتریکی در صنعت	دکتر معلم	۳ روز
۲۰	دوره تخصصی برق کوره‌های قوس الکتریکی	مهندس کیوانفرد	۴ روز
۲۱	سامانه‌های اتوماسیون	مهندس اتحاد توکل	۳ روز
۲۲	بازرسی و کنترل جوش ۱	مهندس ادب آوازه	۵ روزه
۲۳	بازرسی و کنترل جوش ۲	مهندس ادب آوازه	۵ روزه
۲۴	بازرسی جوش لوله	مهندس ادب آوازه	۳ روزه
۲۵	خوردگی آجرهای نسوز منیزیت کربنی در صنایع فولادسازی و پیشرفت‌های اخیر در کاهش آن	دکتر منشی	۱ روزه
۲۶	ترمودینامیک کوره‌های قوس از جهت رفتار عناصر آلیاژی	دکتر علیزاده	۲ روزه
۲۷	خطا و عدم قطعیت در اندازه‌گیری و محاسبات	دکتر علیزاده	۲ روزه
۲۸	ترمودینامیک و سینتیک پخت گندله‌های مگنتیتی	دکتر علیزاده	۲ روزه
۲۹	آشنایی با ریخته‌گری و نورد فولادهای الکتریکی (Silicon Steel)	دکتر طرقي نژاد	۳ روزه
۳۰	جوشکاری و جوش‌پذیری فولادهای زنگ نزن	دکتر شمعیان	۲ روزه
۳۱	متالورژی جوشکاری	دکتر شمعیان	۲ روزه
۳۲	موازنه جرم و انرژی در فرآیندهای متالورژیکی	دکتر سعیدی	۱ روزه
۳۳	متدولوژی تحقیق	دکتر سعیدی	۱ روزه
۳۴	شناسایی فولادهای آلیاژی	دکتر رضائیان	۳ روزه
۳۵	انتخاب مواد	دکتر رضائیان	۲ روزه
۳۶	آشنایی با عملیات ترمومکانیکی فلزات (مکانیکی - حرارتی)	دکتر رضائیان	۲ روزه
۳۷	آشنایی با فولادهای پیشرفته (Trip, Twip, IF و غیره)	دکتر رضائیان	۱ الی ۲ روزه
۳۸	تغییر شکل شدید فلزات (SPD)	دکتر رضائیان	۲ روزه
۳۹	دوره تخصصی فولادهای HSLA	دکتر رضائیان	۲ روزه
۴۰	شناخت و ارزیابی عیوب ناشی از فرآیندهای ساخت بر طبق استانداردهای بین‌المللی	دکتر دهکردی	۲ روزه
۴۱	فرآیند ریخته‌گری مداوم تختال نازک	دکتر اعلائی	۲ روزه



ردیف	عنوان دوره	نام استاد	مدت
۴۲	پوشش دهی	دکتر اشرفی زاده	۱ روزه
۴۳	تخریب قطعات در صنعت و تحلیل شکست (Failure Analysis)	دکتر اشرفی زاده	۲ روزه
۴۴	خوردگی بویلرهای صنعتی، علل و روش های جلوگیری از خوردگی	دکتر اشرفی	۲ روزه
۴۵	آشنایی با استاندارد چرخنده ها و بررسی علل تخریب چرخنده های صنعتی	دکتر اشرفی	۱ روزه
۴۶	پایش خوردگی و استفاده از کوپن ها و سنسورهای خوردگی در صنعت	دکتر اشرفی	۱ روزه
۴۷	کلید فولاد و انطباق فولادهای استاندارد	دکتر اشرفی	۱ روزه
۴۸	طراحی و انتخاب مواد مقاوم به خوردگی	دکتر اشرفی	۱ روزه
۴۹	بازدارنده های خوردگی	مهندس نصیرالاسلامی	۲-۳ روزه
۵۰	آزمون های خوردگی	مهندس زمانی	۲ روزه
۵۱	سیستم ارتینگ	دکتر میرزاییان	۳ روز
۵۲	شناخت درایوهای AC و DC	دکتر میرزاییان	۳ روز
۵۳	آموزش نرم افزار Catia	مهندس حاجی صادقان	۱۷ روز
۵۴	نرم افزار Digsilent	مهندس حسینی	۴ روز
۵۵	فیلترهای هارمونیک	مهندس کیوانفرد	۳ روز
۵۶	آشنایی با تجهیزات ابزار دقیق و رفع عیب آنها	مهندس اتحاد توکل	۳ روز
۵۷	فرصت های صرفه جویی انرژی در کوره های پیش گرم نورد	مهندس جولازاده	۲ روز
۵۸	تکنولوژی تولید فولادهای آلیاژی در کوره های قوس الکتریکی	مهندس جولازاده	۲ روزه
۵۹	تحولات و توسعه در فرایند فولاد سازی کوره قوس الکتریکی	مهندس جولازاده	۲ روزه
۶۰	فرآیند فولادسازی در کوره ها	مهندس جولازاده	۲ روزه
۶۱	شیوه های ریخته گری	مهندس جولازاده	۳ روزه
۶۲	تزریق سوخت های کمکی در کوره بلند	مهندس جولازاده	۲ روزه
۶۳	فرصت های صرفه جویی انرژی در کوره های قوس الکتریکی	مهندس جولازاده	۲ روزه
۶۴	فرایند تولید کک به روش بازیافت حرارتی	مهندس جولازاده	۳ روزه
۶۵	فرایند تولید فولاد به روش کوره قوس الکتریکی	مهندس جولازاده	۳ روزه

کمیته آموزش انجمن آهن و فولاد ایران



عنوان	گرد آورنده	تاریخ انتشار	مبلغ (ریال)
مجموعه مقالات سمپوزیوم فولاد ۷۵	دانشکده مهندسی مواد دانشگاه صنعتی اصفهان	مهر ماه ۱۳۷۵	۲۸۰/۰۰۰
مجموعه مقالات سمپوزیوم فولاد ۷۸	انجمن آهن و فولاد ایران	اردیبهشت ماه ۱۳۷۸	۲۸۰/۰۰۰
مجموعه مقالات سمپوزیوم فولاد ۷۹	انجمن آهن و فولاد ایران	بهمن ماه ۱۳۷۹	۲۸۰/۰۰۰
مجموعه مقالات سمپوزیوم فولاد ۸۰	انجمن آهن و فولاد ایران	بهمن ماه ۱۳۸۰	۲۸۰/۰۰۰
مجموعه مقالات سمپوزیوم فولاد ۸۱	انجمن آهن و فولاد ایران	بهمن ماه ۱۳۸۱	موجود نیست
مجموعه مقالات سمپوزیوم فولاد ۸۲	انجمن آهن و فولاد ایران	بهمن ماه ۱۳۸۲	موجود نیست
مجموعه مقالات سمپوزیوم فولاد ۸۳	انجمن آهن و فولاد ایران	اسفند ماه ۱۳۸۳	۳۲۰/۰۰۰
مجموعه مقالات سمپوزیوم فولاد ۸۴	انجمن آهن و فولاد ایران	اسفند ماه ۱۳۸۴	۳۲۰/۰۰۰
مجموعه مقالات سمپوزیوم فولاد ۸۵	انجمن آهن و فولاد ایران	اسفند ماه ۱۳۸۵	۳۵۰/۰۰۰
مجموعه مقالات سمپوزیوم فولاد ۸۶	انجمن آهن و فولاد ایران	بهمن ماه ۱۳۸۶	۳۸۰/۰۰۰
مجموعه مقالات سمپوزیوم فولاد ۸۷	انجمن آهن و فولاد ایران	اسفند ماه ۱۳۸۷	۳۸۰/۰۰۰
مجموعه مقالات سمپوزیوم فولاد ۸۸	انجمن آهن و فولاد ایران	اسفند ماه ۱۳۸۸	۳۸۰/۰۰۰
مجموعه مقالات سمپوزیوم فولاد ۸۹	انجمن آهن و فولاد ایران	اسفند ماه ۱۳۸۹	۳۸۰/۰۰۰
مجموعه مقالات سمپوزیوم فولاد ۹۰	انجمن آهن و فولاد ایران	اسفند ماه ۱۳۹۰	۳۸۰/۰۰۰
مجموعه مقالات سمپوزیوم فولاد ۹۱	انجمن آهن و فولاد ایران	اسفند ماه ۱۳۹۱	۴۳۰/۰۰۰
مجموعه مقالات سمپوزیوم فولاد ۹۲	انجمن آهن و فولاد ایران	اسفند ماه ۱۳۹۲	۵۴۰/۰۰۰
مجموعه مقالات سمپوزیوم فولاد ۹۳	انجمن آهن و فولاد ایران	اسفند ماه ۱۳۹۳	۶۵۰/۰۰۰
مجموعه مقالات سمپوزیوم فولاد ۹۴	انجمن آهن و فولاد ایران	اسفند ماه ۱۳۹۴	۷۰۰/۰۰۰
مجموعه مقالات سمپوزیوم فولاد ۹۵	انجمن آهن و فولاد ایران	اسفند ماه ۱۳۹۵	۸۰۰/۰۰۰
Physical Metallurgy of Steel (2001)	Glyn Meyrick- Robert H. wagoner-wei Gan	زمستان ماه ۸۲	۱۱۰/۰۰۰
Introduction to the Economics of Structural Steel Work (2001)	The Southern African Institute of Steel Construction	زمستان ماه ۸۲	۱۱۰/۰۰۰

۲۲۰/۰۰۰	شهریور ماه ۸۷	H. K. D. H. Bhadeshia and Sir Robert Honeycombe	Steels "Microstructure and Properties", Third Edition
۱۱۰/۰۰۰	شهریور ماه ۸۷	International Iron & Steel Institute	Advanced High Strength Steel (AHSS) Application Guidelines, Version 3
۱۶۰/۰۰۰	شهریور ماه ۸۴	مهندس محمد حسین نشاطی	کتاب فولاد سازی ثانویه
۳۲۰/۰۰۰	شهریور ماه ۸۸	مهندس پرویز فرهنگ	کتاب فرهنگ جامع مواد
۶۰/۰۰۰	از پاییز ۹۰ لغایت زمستان ۹۴	انجمن آهن و فولاد ایران	فصلنامه علمی - خبری پیام فولاد از شماره ۴۴ لغایت شماره ۶۱
۷۰/۰۰۰	از بهار ۹۵	انجمن آهن و فولاد ایران	فصلنامه علمی - خبری پیام فولاد از شماره ۶۲
افراد حقیقی ۱۴۰/۰۰۰ مؤسسات حقوقی ۲۷۵/۰۰۰	از پاییز ۸۹ لغایت بهار ۹۵	انجمن آهن و فولاد ایران	مجله علمی - پژوهشی بین المللی انجمن آهن و فولاد ایران (International Journal of Iron & Steel Society of Iran)
۱۱۰/۰۰۰	اسفند ماه ۸۸	مهندس محمد حسین نشاطی	کتاب راهنمای انتخاب و کاربرد فولاد ابزار
۴۵/۰۰۰	آذر ماه ۸۹	مهندس محمد حسن جولازاده	کتاب مرجع فولاد
۵۵/۰۰۰	آذر ماه ۹۰	مهندس محمد حسن جولازاده	کتاب مرجع فولاد ۱۳۹۰
۶۵/۰۰۰	آذر ماه ۹۱	مهندس محمد حسن جولازاده	کتاب مرجع فولاد ۱۳۹۱
۱۱۰/۰۰۰	آذر ماه ۹۲	مهندس محمد حسن جولازاده	کتاب مرجع فولاد ۱۳۹۲
۱۶۰/۰۰۰	آذر ماه ۹۳	مهندس محمد حسن جولازاده	کتاب مرجع فولاد ۱۳۹۳
۲۰۰/۰۰۰	آذر ماه ۹۴	مهندس محمد حسن جولازاده	کتاب مرجع فولاد ۱۳۹۴
۲۵۰/۰۰۰	آذر ماه ۹۵	مهندس محمد حسن جولازاده	کتاب مرجع فولاد ۱۳۹۵
۲۵۰/۰۰۰	اردیبهشت ماه ۹۶	مهندس زهرا السادات رضوی دینانی، دکتر نوراله میرغفاری، مهندس محمد حسن جولازاده	حفاظت محیط زیست در صنایع آهن و فولاد (فاضلاب، هوا و پسماند)



## فرم درخواست عضویت حقیقی و حقوقی در انجمن آهن و فولاد ایران

توجه: لطفاً در قسمتهای تیره، چیزی ننویسید و نام و نام خانوادگی و محل کار خود را به لاتین در محل مربوطه بنویسید.

نوع عضویت		کد عضویت	
Name	<input type="text"/>	نام خانوادگی	<input type="text"/>
Family	<input type="text"/>	نام محل کار	<input type="text"/>
Company	<input type="text"/>	سمت سازمانی	<input type="text"/>
<input type="text"/>	تاریخ تولد	کد ملی	<input type="text"/>
<input type="text"/>	محل تولد	شماره شناسنامه	<input type="text"/>
آدرس محل کار		<input type="text"/>	
<input type="text"/>	صندوق پستی	کد پستی محل کار	<input type="text"/>
<input type="text"/>	دورنویس	تلفن محل کار	<input type="text"/>
آدرس مکاتبه		<input type="text"/>	
<input type="text"/>	صندوق پستی	کد پستی	<input type="text"/>
<input type="text"/>	تلفن همراه	تلفن	<input type="text"/>
E-mail	<input type="text"/>		
<input type="text"/>	سال دریافت مدرک	آخرین مدرک تحصیلی	<input type="text"/>
<input type="text"/>	کشور/شهر دریافت مدرک	رشته تحصیلی	<input type="text"/>
		دانشگاه اخذ آخرین مدرک	<input type="text"/>
<input type="text"/>	تاریخ اتمام عضویت	تاریخ شروع عضویت	<input type="text"/>
<input type="text"/>	توضیحات	تعداد سال عضویت	<input type="text"/>

امضاء:

تاریخ:

### مدارک لازم برای عضویت:

- ۱- برگ درخواست عضویت تکمیل شده
- ۲- فتوکپی آخرین مدرک تحصیلی (برای دانشجویان ارائه کپی کارت دانشجویی کافی است) + دو قطعه عکس ۳×۲
- ۳- فیش بانکی به مبلغ (برای مؤسسات حقوقی وابسته ۷/۰۰۰/۰۰۰ ریال، برای اعضاء حقیقی ۸۰۰/۰۰۰ ریال، برای دانشجویان ۳۰۰/۰۰۰ ریال) به حساب شماره ۰۲۰۲۸۳۱۶۲۷۰۰۲ بانک ملی ایران شعبه دانشگاه صنعتی اصفهان (کد شعبه ۳۱۸۷) بنام انجمن آهن و فولاد ایران.
- ۴- ارسال فیش واریزی (از طریق فکس: ۰۳۱-۳۳۹۳۲۱۲۴، پست و یا تحویل حضوری)



## فراخوان مقاله برای مجله بین‌المللی انجمن آهن و فولاد ایران

انجمن آهن و فولاد ایران با هدف تخصصی‌تر شدن مجلات علمی و تحقیقاتی در زمینه صنعت آهن و فولاد کشور و به منظور اطلاع‌رسانی و تقویت هرچه بیشتر پیوندهای متخصصین، اندیشمندان، دانشگاهیان و پژوهشگران ملی و بین‌المللی با کسب مجوز از وزارت علوم، تحقیقات و فناوری، مجله علمی-پژوهشی بین‌المللی را با عنوان:

International Journal of Iron & Steel Society of Iran (Int. J. of ISSI)

منتشر می‌نماید.

بدینوسیله از کلیه صاحب‌نظران، اعضاء هیأت علمی دانشگاه‌ها و مراکز پژوهشی و دانشجویان تحصیلات تکمیلی دانشگاه‌ها و مؤسسات پژوهشی دعوت می‌گردد جهت هرچه پر بار شدن این مجله، مقالات خود را به زبان انگلیسی و بر روی سایت مجله به آدرس زیر بارگذاری نمایند.

ضمناً مقالات بایستی تحت یکی از عناوین زیر تهیه گردند.

۱- آهن سازی ۲- فولادسازی ۳- ریخته‌گری و انجماد ۴- اصول، تئوری، مکانیزمها و کینتیک فرآیندهای دمای بالا  
۵- آنالیزهای فیزیکی و شیمیایی فولاد ۶- فرآیندهای شکل‌دهی و عملیات ترمومکانیکی فولادها ۷- جوشکاری و اتصال فولادها ۸- عملیات سطحی و خوردگی فولادها ۹- تغییر حالتها و ساختارهای میکروسکوپی فولاد ۱۰- خواص مکانیکی فولاد ۱۱- خواص فیزیکی فولاد ۱۲- مواد و فرآیندهای جدید در صنعت فولادسازی ۱۳- صرفه‌جویی مصرف انرژی در صنعت فولاد ۱۴- اقتصاد فولاد ۱۵- مهندسی محیط‌زیست صنایع فولاد و ارتباطات اجتماعی ۱۶- نوسازهای مصرفی در صنایع فولاد

دبیرخانه مجله بین‌المللی انجمن آهن و فولاد ایران

تلفن: ۰۲۴-۳۳۹۳۲۱۲۱-۳۳۹۳۲۱۲۴ (۰۳۱)، دورنویس: ۳۳۹۳۲۱۲۴ (۰۳۱)

Website: [journal.issiran.com](http://journal.issiran.com)

E-mail: [journal@issiran.com](mailto:journal@issiran.com)



## Guide for Preparation of Manuscript

**International Journal of Iron & Steel Society of Iran (IJISSI)** is published semiannually by Iron and Steel Society of Iran (ISSI) with collaboration of Isfahan University of Technology (IUT). Original contributions are invited from worldwide ISSI members and non-members.

**1. Submission of manuscript:** This instruction gives you guidelines for preparing papers for IJISSI. Manuscripts should not be submitted if they have already been published or accepted for publication elsewhere. The full text of the paper including text, references, list of captions, tables, and figures should be submitted online and you will be guided stepwise through the creation and uploading of your files. The system automatically converts source files to a single PDF file of the article, which is used in the peer-review process. Please note that even though manuscript source files are converted to PDF files at submission for the review process, these source files are needed for further processing after acceptance. All correspondence, including notification of the Editor's decision and requests for revision, takes place by e-mail removing the need for a paper trail.

### 2. Category

**i) Research paper** (maximum of ten printed pages): An original article that presents a significant extension of knowledge or understanding and is written in such a way that qualified workers can replicate the key elements on the basis of the information given.

**ii) Review:** An article of an extensive survey on one particular subject, in which information already published is compiled, analyzed and discussed. Reviews are normally published by invitation. Proposals of suitable subjects by prospective authors are welcome.

**iii) Research note:** (maximum of three printed pages): (a) An article on a new finding or interesting aspect of an ongoing study which merits prompt preliminary publication in condensed form, a medium for the presentation of (b) disclosure of new research and techniques, (c) topics, opinions or proposals of interest to the readers and (d) criticisms or additional proofs and interpretations in connection with articles previously published in the society journals.

**3. Language:** Manuscripts should be written in clear, concise and grammatically correct English so that they are intelligible to the professional reader who is not a specialist in any particular field. Manuscripts that do not conform to these requirements and the following manuscript format may be returned to the author prior to review for correction. The full form of any abbreviation or acronym should be given in the text when the term is first used.

**4. Units:** Use of SI units is mandatory. Journal style is to use the form  $S\ m^{-1}$ ,  $A\ m^{-2}$ ,  $W\ m^{-1}\ K^{-1}$ , not  $S/m$ ,  $A/m^2$ ,  $W/m.K$ .

**5. Style of manuscript:** It is important that the file be saved in the native format of the word processor used. The text should be in single-column format. The manuscripts should be submitted in double-spaced typing, 12 points Times New Roman font, on consecutively numbered A4 pages of uniform size with 3.0 cm margin on the left and 2.0 cm margins on top, bottom and right. The manuscript must be presented in the order: (1) title page, (2)

abstract and key words, (3) text, (4) references, (5) appendices, and (6) list of captions, each of which should start on a new page. All papers should be limited to 20 pages.

### Essential title page information

**Title:** Concise and informative. Titles are often used in information-retrieval systems. Avoid abbreviations and formulae where possible.

**Author names and affiliations:** Where the family name may be ambiguous (e.g., a double name), please indicate this clearly. Present the authors' affiliation addresses (where the actual work was done) below the names. Indicate all affiliations with a lower-case superscript letter immediately after the author's name and in front of the appropriate address. Provide the full postal address of each affiliation, including the country name, and, if available, the e-mail address of each author. **Corresponding author:** Clearly indicate who will handle correspondence at all stages of refereeing and publication, also post-publication. Ensure that telephone and fax numbers (with country and area code) are provided in addition to the e-mail address and the complete postal address.

**Present/permanent address:** If an author has moved since the work described in the article was done, or was visiting at the time, a "Present address" (or "Permanent address") may be indicated as a footnote to that author's name. The address at which the author actually did the work must be retained as the main, affiliation address. Superscript Arabic numerals are used for such footnotes.

**Abstract:** An abstract must state briefly and clearly the main object, scope and findings of the work within 250 words. Be sure to define all symbols used in the abstract, and do not cite references in this section.

**Keywords:** Between three and six keywords should be provided below the Abstract to assist with indexing of the article. These should not duplicate key words from the title.

**Subdivision-numbered sections:** Divide your article into clearly defined and numbered sections. Subsections should be numbered 1.1 (then 1.1.1, 1.1.2, ...), 1.2, etc. (the abstract is not included in section numbering). Use this numbering also for internal cross-referencing: do not just refer to "the text". Any subsection may be given a brief heading. Each heading should appear on its own separate line.

**Introduction:** This section should include sufficient background information to set the work in context. The aims of the manuscript should be clearly stated. The introduction should not contain either findings or conclusions.

**Materials and methods:** This should be concise but provide sufficient detail to allow the work to be repeated by others.

**Tables:** Tables should be numbered consecutively in accordance with their appearance in the text and referred as, for example, "Table 1". Tables must not appear in the text but should be prepared on separate sheets. They must have captions and simple column headings. Place footnotes to tables below the table body and indicate them with

superscript lowercase letters. Avoid vertical rules. Be sparing in the use of tables and ensure that the data presented in tables do not duplicate results described elsewhere in the article. Captions should be 10 pt, and centered. Tables should be self-contained and complement, but not duplicate, information contained in the text.

**Figures:** All graphs, charts, drawings, diagrams, and photographs are to be referred to as Figures and should be numbered consecutively in the order that they are cited in the text. Figures should be cited in a single sequence throughout the text as 'Fig. 1', 'Fig. 2', .... Figures must be photographically reproducible. Figure captions must be collected on a separate sheet. Figures are normally reduced in a single column of 84 mm width. All lettering should be legible when reduced to this size.

i) Photographs should be supplied as glossy prints and pasted firmly on a hard sheet. When several photographs are to make up one presentation, they should be arranged without leaving margins in between and separately identified as (a), (b), (c)... Magnification must be indicated by means of an inscribed scale.

ii) Line drawings must be drafted with black ink on white drawing paper. High-quality glossy prints are acceptable.

iii) Color printing can be arranged, if the reviewers judge it necessary for proper presentation. Authors or their institutions must bear the costs.

iv) Axis labels should be of the form: Stress (MPa), Velocity ( $m s^{-1}$ ).

v) Each figure must be supplied in digital form as a separate, clearly named file. Acceptable file formats are TIFF and JPEG. Images should be saved at a resolution of at least 600 dpi at final size (dpi=dots or pixels per inch; 600 dpi=240 dots per centimeter). Do not save at the default resolution (72 dpi). Crop any unwanted white space from around the figure before sizing.

**Equations:** Equations are numbered consecutively, with equation numbers in parentheses flush right. First use the equation editor to create the equation. Be sure that the symbols in your equation are defined before the equation appears, or immediately following. Refer to "Eq. (1)," not "(1)". If what is represented is really more than one equation, the abbreviation "Eqs." can be used.

**Results and discussions:** Results should be presented in a logical sequence in the text, tables and figures; repetitive presentation of the same data in different forms should be avoided. The results should contain material appropriate to the discussion.

**Conclusions:** Although a conclusion may review the main points of the paper, it must not replicate the abstract. A conclusion might elaborate on the importance of the work or suggest applications and extensions. Do not cite references in the conclusion as all points should have been made in the body of the paper. Note that the conclusion section is the last section of the paper to be numbered. The appendix (if present), acknowledgment (if present), and references are listed without numbers.

**Acknowledgements:** The source of financial grants and other funding must be acknowledged, including a frank declaration of the authors' industrial links and affiliations. Financial and technical assistance may be acknowledged here.

#### References:

References must be numbered consecutively. Reference numbers in the text should be typed as superscripts with a closing parenthesis, for example, <sup>1)</sup>, <sup>2,3)</sup> and <sup>4-6)</sup>. List all of the references on a separate page at the end of the text. Include the names of all the authors with the surnames last. Refer to the following examples for the proper format:

i) **Journals:** Use the standard abbreviations for journal names. Give the volume number, the year of publication and the first page number.

[**Example**] M. Kato, S. Mizoguchi and K. Tsuzaki: *ISIJ Int.*, 40(2000), 543.

#### ii) Conference Proceedings

Give the title of the proceedings, the editor's name if any, the publisher's name, the place of publication, the year of publication and the page number.

[**Example**] Y. Chino, K. Iwai and S. Asai: *Proc. of 3rd Int. Symp. on Electromagnetic Processing of Materials, ISIJ, Tokyo, (2000), 279.*

#### iii) Books

Give the title, the volume number, the editor's name if any, the publisher's name, the place of publication, the year of publication and the page number.

#### [**Example**]

[1] W. C. Leslie: *The Physical Metallurgy of Steels*, McGraw-Hill, New York, (1981), 621.

[2] U. F. Kocks, A. S. Argon and M. F. Ashby: *Progress in Materials Science*, Vol.19, ed. by B. Chalmers, Pergamon Press, Oxford, (1975), 1.

**6. Reviewing:** Every manuscript receives reviewing according to established criteria.

**7. Revision of manuscript:** In case when the original manuscript is returned to the author for revision, the revised manuscript together with a letter explaining the changes made, must be resubmitted within three months.

**8. Proofs:** The corresponding author will receive the galley proofs of the paper. No new material may be inserted into the proofs. It is essential that the author returns the proofs before a specified deadline to avoid rescheduling of publication in some later issue.

**9. Copyright:** The submission of a paper implies that, if accepted for publication, copyright is transferred to the Iron and Steel Society of Iran. The society will not refuse any reasonable request for permission to reproduce a part of the journal.

**10. Reprint:** No page charge is made. Reprints can be obtained at reasonable prices.

# راهنمای اشتراک فصلنامه پیام فولاد

در صورت تمایل به اشتراک فصلنامه پیام فولاد لطفاً نکات زیر را رعایت فرمائید.

- ۱- فرم اشتراک را کامل و خوانا پر کرده و کدپستی و شماره تلفن را حتماً قید فرمائید.
- ۲- مبلغ اشتراک را می‌توانید از کلیه شعب بانک ملی ایران در سراسر کشور به حساب کوتاه مدت سیبا به شماره ۰۲۰۲۸۳۱۶۲۷۰۰۲ بنام انجمن آهن و فولاد ایران در بانک ملی شعبه دانشگاه صنعتی اصفهان (کد ۳۱۸۷) حواله نمائید و اصل فیش بانکی را همراه با فرم تکمیل شده اشتراک به نشانی:  
اصفهان، بلوار دانشگاه صنعتی اصفهان، شهرک علمی تحقیقاتی اصفهان، پارک علم و فناوری شیخ بهایی، ساختمان انجمن آهن و فولاد ایران، کدپستی: ۸۳۱۱۱-۸۴۱۵۶ ارسال فرمایید.
- ۳- کپی فیش بانکی را تا زمان دریافت نخستین شماره اشتراک نزد خود نگه دارید.
- ۴- مبلغ اشتراک برای یک سال با هزینه پست و بسته‌بندی ۲۷۵۰۰۰ ریال می‌باشد.
- ۵- در صورت نیاز به اطلاعات بیشتر با تلفن‌های ۲۶-۳۳۹۳۲۱۲۱ (۰۳۱) تماس حاصل فرمائید.

## فرم اشتراک

بیبوست فیش بانکی به شماره ..... به مبلغ ..... ریال بابت حق اشتراک  
یک ساله فصلنامه پیام فولاد ارسال می‌گردد.  
خواهشمند است مجله را برای مدت یک سال از شماره ..... به نشانی زیر بفرستید.  
قبلاً مشترک بوده‌ام  ، شماره اشتراک قبل  ، مشترک نبوده‌ام .

نام ..... نام خانوادگی ..... نام شرکت یا مؤسسه .....  
شغل ..... تحصیلات ..... سن .....  
نشانی: استان ..... شهرستان ..... خیابان .....

برای اعضاء انجمن این نشریه بصورت رایگان ارسال می‌گردد.

# فرم قرارداد

## درج آگهی در فصلنامه پیام فولاد

اینجانب خانم / آقای ..... نماینده شرکت ..... به آدرس .....  
شماره تلفن ..... با اطلاع کامل  
از ضوابط ذیل و شرایط عمومی طرح آگهی نسبت به عقد قرارداد اقدام می‌نمایم.

- بازه زمانی چاپ آگهی □ یک فصل □ چهار فصل (۱۰ درصد تخفیف) □ هشت فصل (۱۵ درصد تخفیف) و محل چاپ آگهی ..... می باشد.
- هزینه هر فصل آگهی ..... ریال و طراحی ۱۰۰۰,۰۰۰ ریال (در صورت تمایل) به مبلغ کل ..... ریال تعیین می‌گردد.

### محل‌های درج آگهی:

پشت جلد
صفحات داخلی جلد
صفحه استاپ
پنج صفحه اول و آخر
سایر صفحات

طرح آگهی به فرمت TIF یا PDF به صورت CMYK و با وضوح ۳۰۰ dpi در ابعاد ۲۱×۲۹/۷ سانتی‌متر (به صورت عمودی) می‌باشد.

\* همچنین شرکت محترم موظف است پس از چاپ آگهی هزینه مربوطه را نقداً / چکی (تاریخ وصول کاملاً توافقی) پرداخت نماید و همچنین در صورت اعلام انصراف پس از عقد قرارداد ۵۰٪ هزینه چاپ آگهی را تا پایان قرارداد محاسبه و پرداخت نماید.

\* در صورت انصراف از همراهی با ما پیش از آغاز فصل جدید، با واحد تبلیغات هماهنگ شوید. در غیر این صورت آگهی شما به صورت خودکار چاپ می‌گردد.

# دستورالعمل تهیه مقاله

## برای فصلنامه پیام فولاد

گردد. واحدهای سیستم بین‌المللی (SI) برای آحاد در نظر گرفته شود.

۶- تصاویر و عکس‌ها: اصل تصاویر و عکس‌ها باید به ضمیمه مقاله ارسال شود. در مورد مقالات ترجمه شده ارسال اصل مقاله همراه با تصاویر و عکس‌های آن ضروری است.

۷- واژه‌ها و پی‌نوشت‌ها: بالای واژه‌های متن مقاله شماره‌گذاری شده و اصل لاتین واژه با همان شماره در واژه‌نامه‌ای که در انتهای مقاله تنظیم می‌گردد درج شود.

۸- منابع و مراجع: در متن مقاله شماره مراجع در داخل کروشه [ ] آورده شود و با همان ترتیب شماره‌گذاری شده مرتب گردیده و در انتهای مقاله آورده شوند. مراجع فارسی از سمت راست و مراجع لاتین از سمت چپ نوشته شوند. در فهرست مراجع درج نام مؤلفان یا مترجمان - عنوان مقاله - نام نشریه - شماره جلد - صفحه و سال انتشار ضروری است.

فصلنامه پیام فولاد با هدف انتشار یافته‌های علمی پژوهشی و آموزشی - کاربردی در جهت ارتقاء سطح دانش فولاد و صنایع وابسته در این زمینه می‌باشد. لذا برای تحقق این هدف انجمن آهن و فولاد ایران آمادگی خود را جهت انتشار دستاوردهای تحقیقاتی محققان گرامی بصورت مقاله‌های علمی و فنی در زمینه‌های مختلف صنایع فولاد اعلام می‌نماید.

### راهنمای تهیه مقاله

الف) مقالات ارسالی بایستی در زمینه‌های مختلف صنایع آهن و فولاد باشند.

ب) مقالات ارسالی بایستی قبلاً در هیچ نشریه یا مجله‌ای درج شده باشد.

ج) مقالات می‌توانند در یکی از بخش‌های زیر تهیه شوند.

۱- تحقیقی - پژوهشی

۲- مروری

۳- ترجمه

۴- فنی (مطالعات موردی)\*

لطفاً مقالات خود را بصورت کامل حداکثر در ۱۰ صفحه A4 و طبق دستورالعمل زیر تهیه و به همراه سی‌دی مقاله به دفتر نشریه ارسال فرمایید.

۱- عنوان مقاله: مختصر و بیانگر محتوای مقاله باشد.

۲- مشخصات نویسنده (مترجم) به ترتیبی که مایلند در نشریه چاپ گردد.

۳- چکیده

۴- مقدمه، مواد و روش آزمایش‌ها، نتایج و بحث، نتیجه‌گیری و مراجع

۵- جداول و نمودارها با سطربندی و ستون‌بندی مناسب ترسیم شده و در مورد جداول شماره و شرح آن در بالا و در مورد اشکال در زیر آن درج

### سایر نکات مهم

- تایپ مقالات صرفاً با نرم‌افزار Microsoft Word انجام شود.
- از تایپ شماره صفحه خودداری شود.
- مطالب تنها بر یک روی کاغذ A4 (۲۹۷×۲۱۰ میلی‌متر) چاپ شود.
- چاپ مقاله توسط چاپگر لیزری انجام شود.
- فصلنامه پیام فولاد در حکم و اصلاح مطالب آزاد است.
- مسئولیت درستی و صحت مطالب - ارقام - نمودارها و عکس‌ها بر عهده نویسندگان / مترجمان مقاله است.
- فصلنامه پیام فولاد از بازگرداندن مقاله معذور است.