

# پیام فولاد

فصلنامه علمی - خبری / انجمن آهن و فولاد ایران / زمستان ۹۱ / شماره ۴۹



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 بر عهده صاحب مقاله می‌باشد. مقاله‌های پذیرفته شده پس از ویرایش منتشر می‌شود.



● صاحب امتیاز: انجمن آهن و فولاد ایران

● مدیر مسئول و سردبیر: دکتر حسین ادريس

● هیأت تحریریه:

دکتر حسین ادريس (استاد دانشگاه صنعتی اصفهان)

دکتر بهروز ارباب شیرانی (استادیار دانشگاه صنعتی اصفهان)

مهندس محمد حسن جولزاده (شرکت آژینه گستر اسپادانا)

دکتر کیوان رئیسی (دانشیار دانشگاه صنعتی اصفهان)

دکتر احمد ساعتچی (استاد دانشگاه صنعتی اصفهان)

دکتر علی شفیعی (دانشیار دانشگاه صنعتی اصفهان)

دکتر مرتضی شمعیان (استاد دانشگاه صنعتی اصفهان)

دکتر عباس نجفی زاده (استاد دانشگاه صنعتی اصفهان)

● امور اجرایی: مهندس مسعود بیگی

● بخش اینترنت: مهندس مسعود بیگی

● مدیر روابط عمومی: فریدون واعظ زاده

● طراحی جلد و صفحه آرای: نفیسه اورک شیرانی

● ناشر: آهن و فولاد

● چاپ: حافظ

● شمارگان: ۳۰۰۰ نسخه

● بهاء: ۴۰۰۰۰ ریال

نشانی: اصفهان، بلوار دانشگاه صنعتی اصفهان، شهرک علمی

و تحقیقاتی اصفهان، میدان فن آوری (شیخ بهایی)، خیابان ۲،

خیابان ۱۵، خیابان ۱۴، خیابان ۱۲، به سمت ساختمان فن آفرینی

شماره ۱، ساختمان انجمن آهن و فولاد ایران

کدپستی: ۸۴۱۵۶-۸۳۱۱۱، دفتر نشریه پیام فولاد

تلفن: ۲۴-۳۹۳۲۱۲۱-۳۱۱ تلفکس: ۳۹۳۲۱۲۴-۳۱۱

E-mail: info@issiran.com

www.issiran.com

## فهرست مطالب

۳	..... سرمقاله
	..... مقاله:
۴	..... بهینه‌سازی و ارزیابی سیستم آب مصرفی صنایع فولاد ترجمه و تدوین: سارا شوروزی و دکتر علیرضا کیانی رشید
۱۲	..... ارزیابی آخال‌های پایه $MgO, Al_2O_3$ در فولادها ترجمه و تدوین: حبیب‌الله رستگاری
۲۶	..... اثر کربن بر روی ریز ساختار یک فولاد نسوز ترجمه و تدوین: علی‌رضا تحویلان
۳۲	..... فراخوان "گزارش مطالعات موردی"
۳۳	..... اخبار انجمن آهن و فولاد ایران
۳۵	..... اخبار اعضاء حقوقی انجمن آهن و فولاد ایران
۳۸	..... اخبار از سایت‌های بین‌المللی
۴۰	..... تازه‌های تکنولوژی
۴۱	..... عناوین مقالات مندرج در مجلات بین‌المللی آهن و فولاد - مجله: (Journal of Iron and Steel Research, International, Volume 19, Issue 10, Pages 1-78 (October 2012)
۴۲	..... ترجمه دو چکیده مقاله از مجله: - مجله: (Journal of Iron and Steel Research, International, Volume 19, Issue 10, Pages 1-78 (October 2012)
۴۳	..... معرفی کتاب
۴۵	..... معرفی نرم افزار
۴۶	..... سمینارهای بین‌المللی در زمینه مواد و متالورژی
۴۷	..... سمینارهای داخلی
۴۸	..... سایت‌های اطلاع‌رسانی آهن و فولاد در شبکه اینترنت
۴۹	..... دانستنی‌های فولادی (این شماره: سمپوزیوم فولاد)
۵۴	..... برگزاری دوره‌های آموزشی انجمن آهن و فولاد ایران
۵۸	..... انتشارات آهن و فولاد
۶۰	..... فرم درخواست عضویت حقیقی و حقوقی در انجمن آهن و فولاد ایران
۶۱	..... فراخوان مقاله برای مجله بین‌المللی انجمن آهن و فولاد ایران
۶۲	..... دستورالعمل تهیه مقالات به زبان انگلیسی جهت مجله بین‌المللی علمی - پژوهشی انجمن آهن و فولاد ایران
۶۴	..... راهنمای اشتراک فصلنامه پیام فولاد
۶۵	..... تعرفه آگهی در فصلنامه پیام فولاد
۶۶	..... دستورالعمل تهیه مقاله برای فصلنامه پیام فولاد



در شماره حاضر مجله پیام فولاد با توجه به اهمیت مسائل زیست محیطی که در زمان حاضر به شدت تشدید گردیده و مسائل عمده‌ای برای حیات ایجاد کرده است، تلاش شده تا نتایج تحقیقات در این زمینه آورده شود. با این بیان در این شماره یک مقاله در خصوص بهینه‌سازی و ارزیابی سیستم آب مصرفی در صنایع فولاد آورده شده است. بعلاوه یک مقاله که بررسی نسبتاً جامعی روی ناخالصی‌های غیر فلزی  $Mg.Al_2O_3$  انجام داده در این شماره آورده شده است که نتایج این تحقیق مشخص می‌کند با اثرات مخرب این نوع ناخالصی چقدر باید عمیق مقابله گردد. همچنین تأثیر کربن بر ریزساختار فولاد نسوز در این شماره آورده شده است. در ضمن علاوه بر موضوعات معمول در مجله پیام فولاد یک بررسی در مورد سمپوزیوم‌های فولاد از ابتدا تا کنون نیز انجام گرفته است که جمع‌بندی آن در این شماره وارد شده است. در اینجا لازم است که از دوستان و همکاران که با ارسال مقالات و نوشته‌های خود ما را در تهیه این نشریه یاری می‌کنند سپاسگزاری نمایم و درخواست نمایم این همکاری همچنان ادامه یابد.

دکتر حسین ادریس

مدیرمسئول و سردبیر فصلنامه پیام فولاد

## بهینه سازی و ارزیابی سیستم آب مصرفی صنایع فولاد\*

ترجمه و تدوین: سارا شوروزی<sup>۱</sup> و دکتر علیرضا کیانی رشید<sup>۲</sup>

۱. دانشجوی مهندسی متالورژی و مواد، دانشکده مهندسی، دانشگاه فردوسی مشهد

۲. دانشیار گروه مهندسی متالورژی و مواد، دانشکده مهندسی، دانشگاه فردوسی مشهد

### چکیده

در صنعت فولاد، آب عمدتاً برای تمیز کردن و خنک کردن به کار می‌رود. چنین عملیاتی باعث تولید فاضلاب می‌شود که نه تنها در کمیت بلکه در کیفیت نیز متفاوت است. این مقاله شامل تمام فرآیندهای مصرف آب یک سیستم است و تجزیه و تحلیل‌های مواد جاری را برای ساختن مدل بهینه و سیستم شاخص ارزیابی برای شرکت‌های فولاد مصرف کننده آب به کار می‌برد. بر اساس این سیستم شاخص، وضعیت‌های مصرف آب شرکت‌های بزرگ فولاد در چین ارزیابی می‌شود و مشکلات موجود در اثر مصرف آب شناخته می‌شود. سپس تجزیه و تحلیل‌هایی در خصوص وجود و بهینه سازی مصرف آب انجام می‌شود که به عنوان پایه ای برای بهینه سازی شبکه های آبرسانی در نظر گرفته می‌شود. در نهایت، یک تجزیه و تحلیل در یکی از بزرگ‌ترین و مهم‌ترین شرکت‌های فولاد در چین به دست آمده است. نتایج نشان می‌دهد که پس از بهینه سازی مصرف آب شیرین تا ۱۱/۱٪ و تخلیه فاضلاب تا ۹۴/۵۴٪ می‌تواند کاهش یابد.

### ۱. مقدمه

در سال ۲۰۰۸، متوسط مصرف آب شیرین در بزرگ‌ترین شرکت‌های فولاد چین برای هر تن فولاد معادل  $8/3 - 7 m^3/t$  بود، درحالی‌که این مقدار در کشورهای در حال توسعه فقط  $4/2 - 3 m^3/t$  (jin- ۲۰۰۹) و همکاران) می‌باشد. این اختلاف دلیل اصلی تمرکز صنعت فولاد چین بر تولید تجهیزات و فرآیندها و تکنولوژی‌های عملیات تکمیلی است. در مقابل، تحقیقات روی بهینه سازی شبکه‌های مصرف کننده آب در اوایل سال ۱۹۸۰ شروع شد. در زمان Takama و همکارانش، (در سال ۱۹۸۰)، Firstl فرضیه شبکه تخصیص آب بهینه در استفاده مجدد از آب را مطرح کرد. پس از آن، مطالعه بر روی

بهینه سازی شبکه‌های مصرف آب به وسیله دانشمندان بعدی گسترش یافته است. بر اساس مفهوم فشار در سیستم ارزیابی انرژی، Wang و Smith طرح تکنولوژی فشار آب را در بهینه سازی شبکه پیشنهاد کردند (Huang و همکارانش، ۱۹۹۹). Dominic و همکارانش (سال ۲۰۰۵) تجزیه و تحلیل‌های فشار و تکنیک تجزیه و تحلیل آبشار (WCA) وابسته به زمان را در مطالعه بیش‌ترین شبکه ارزیابی آب برآیند سیستم‌های فرآیند گروهی، جمع آوری کردند. با ترکیب تجزیه فشار آب و برنامه ریزی خطی، Oliver و همکارانش (۲۰۰۸) شبکه بهینه آب مصرفی را به منظور ذخیره آب تا ۳۰٪ در صنعت نوشیدنی الکلی در San Juan، آرژانتین، به وجود آوردند. بر اساس تجزیه و تحلیل ویژه عملیات با تقاضا و منابع آب، Shafieie و همکارانش (۲۰۰۴)، تجزیه و تحلیل یک شبکه آب را در کارخانه خمیر و کاغذسازی بررسی کردند. آن‌ها شبکه منظم novel witewater را به عنوان تابعی از محدودیت‌های یک فرآیند مشخص و توابع هدف با استفاده از الگوریتم برنامه نویسی خطی ساختند. Kim و همکارانش (سال ۲۰۰۹)، روش برنامه نویسی عدد صحیح مختلط (MINLP) را به منظور طراحی فاضلاب و شبکه‌های تبادل گرمایی برای فرآیندهای صنایع به کار بردند و این شبکه بر مبنای برآورد هزینه‌ها بهینه سازی شد که اثربخشی روش پیشنهادی را نشان می‌داد. به علاوه MINLP بیش‌تر برای تجزیه و تحلیل و بهینه سازی شبکه آب در صنعت پالایش نفت و در سیستم‌های گردش مجدد خنک کننده آب به وسیله محققان بعدی به کار برده شد (Matijaseviic و همکارانش، ۲۰۱۰ Jose و همکارانش، ۲۰۱۰). بر مبنای روش الگوریتم ژنتیک weili Jiang و همکارانش، الگوریتمی

\* این متن ترجمه کاملی از مقاله ی زیر است؛

Chengkang Gao, Dan Wang, Hui Dong, Jiuju Cai, Weiguang Zhu and Tao Du "Optimization and evaluation of steel industry's water-use system", Journal of Cleaner Production 19 (2011) 64-69.

بقای جرم نشأت می‌گیرد (van der, ۲۰۰۲). SFA اطلاعاتی را درباره مواد خام اساسی و جریان‌ها در ماده یا مواد خاص و درباره ناهماهنگی بین ذخیره‌ها و جریان‌ها و درباره استفاده ناپایدار از منابع فراهم می‌کند (Antikainen و همکارانش، ۲۰۰۴). تجزیه و تحلیل جریان ماده (SFA)، ابزار سودمندی به منظور مطالعه متابولیسم صنعتی یک ماده خالص (به عنوان مثال آلومینیوم و مس) است. عملکرد SFA بر مبنای درک جریان مواد در ارتباط با تغییر آن ماده در روابط داخلی بین آن‌ها در مرز یک کشور یا یک منطقه است. اما متأسفانه از آن به ندرت در یک شرکت یا صنعت استفاده می‌گردد. در یک کشور یا یک منطقه، این روش عمدتاً در مطالعه متابولیسم موادی مانند آلومینیوم (Melo, ۱۹۹۹)، مس (Spatari و همکارانش، ۲۰۰۲)، روی (Spatari و همکارانش، ۲۰۰۳)، کروم (Van و Timmermans, ۲۰۰۴)، PVC (Kleijin و همکارانش، ۲۰۰۰) و کاغذ (Sudian و همکارانش، ۲۰۰۱). SFA دو مدل دارد، یعنی مدل standing-observating و following-observating. مدل following-observating به منظور مطالعه جریان مواد در چرخه عمر یک محصول خاص و انتخاب مقدار مشخصی از همان محصولات از قبیل مشاهده اشیاء به کار می‌رود. سپس در چرخه عمر محصولات، مقدار جریان داخلی و خارجی مواد طی مراحل مختلف مشاهده می‌شود (Lu, ۲۰۰۶ و Bu, ۲۰۰۳) شکل ۱.

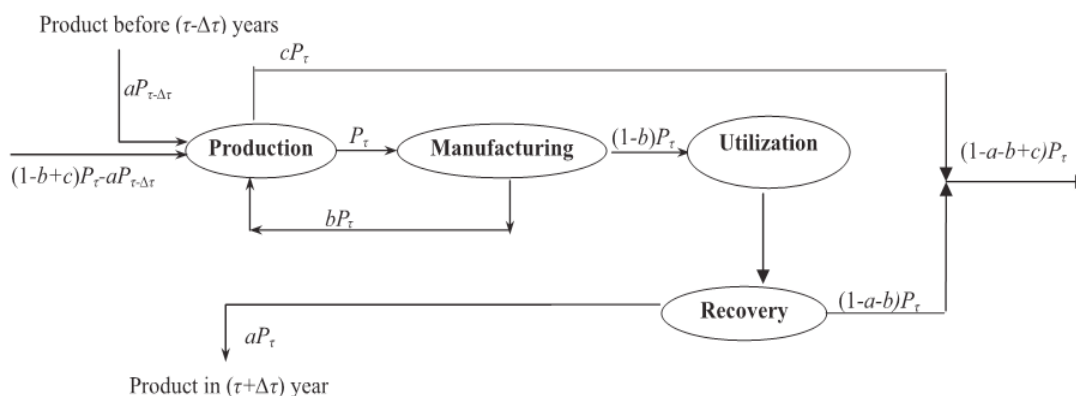
را برای بهینه سازی روند تولید در صنعت رنگرزی پیشنهاد کردند که مصرف آب شیرین را ۲۰ تا ۳۰ درصد کاهش می‌داد (Jiang و همکارانش، ۲۰۱۰).

اگرچه، فرضیه حاضر و روش‌های بهینه سازی شبکه مصرف کننده آب عمدتاً در پتروشیمی، مواد غذایی و صنعت چاپ به کار می‌روند. مطالعات مرتبط با صنعت فولاد تقریباً در جایی نوشته نشده است. این می‌تواند محل پویایی زیاد و پیچیدگی طی بهینه‌سازی شبکه باشد که باید تقاضای مختلف فرآیندهای تولید، محصولات متفاوت و تغییرات آب و هوای محلی بر کیفیت آب در نظر گرفته شود. بنابراین، برخی از محدودیت‌ها هنگام به کار بردن تنوری‌ها و روش‌های بهینه سازی شبکه‌های بالا در مطالعه ساخت سیستم مصرف کننده آب فولاد وجود دارد. بنابراین، مدل SFA following – observating در این مطالعه به منظور ساختن مدلی برای بهینه‌سازی شبکه برای ساخت سیستم مصرف کننده آب معرفی می‌شود. در مجموع این مقاله، سیستم شاخص ارزیابی صرفه جویی در آب را برای شرکت‌های فولاد به منظور برطرف کردن مسئله استاندارد ارزیابی متناقض مصرف آب در شرکت‌های فولاد مطرح می‌کند.

## ۲. فرضیه و روش

### ۲.۱. تجزیه و تحلیل جریان ماده

اصل اساسی SFA بر مبنای اصل بقای جرم است که از قانون



شکل ۱. مدل Following - Observating جریان مواد (Lu, ۲۰۰۶). PT - راندمان محصولات در T سال؛  $\Delta T$  - چرخه عمر محصولات؛ a - سرعت بازیافت چرخه؛ b - سرعت بازیافت در فرآیند تولید؛ c - سرعت انتشار در فرآیند تولید.

## ۲.۲. سیستم مصرف کننده آب صنایع فولاد

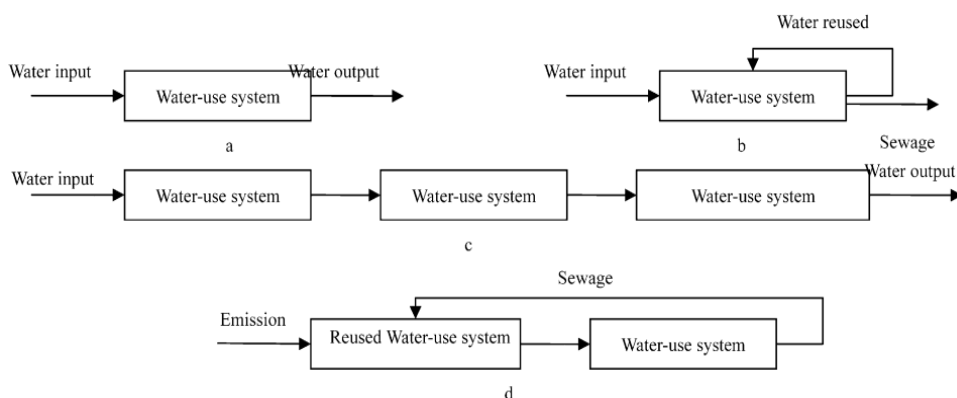
در یک کارخانه فولاد، دستگاه آب و فرآیند تولید، هر دو می‌توانند به عنوان سیستم مصرف کننده آب در نظر گرفته شوند. به این ترتیب، سیستم‌های متعدد مصرف کننده آب می‌توانند در یک کارگاه، یک کارخانه و یا یک شرکت فولاد وجود داشته باشند. این سیستم‌های مصرف کننده، صرف نظر از بزرگی و کوچکی آن‌ها، می‌توانند به چهار نوع تقسیم شوند (شکل ۲) سیستم مصرف کننده آب تک - مسیر، سیستم مصرف کننده آب گردش، سیستم مصرف کننده آب آبخاری و سیستم مصرف کننده آب با استفاده مجدد (Cheng, 2005; Wang و همکارانش، 2002).

سیستم مصرف کننده آب تک - مسیر به این معنی است که در یک سیستم به خوبی تعریف شده، آب با کیفیت خاص فقط یک بار به کار می‌رود و سپس از این سیستم خارج می‌گردد. سیستم مصرف کننده آب گردش به این معنی است که در طی تولید، آب تخلیه شده مجدداً به وسیله سیستمی بعد از تخلیه به طور مستقیم یا بعد از بازگشت مورد استفاده قرار گیرد. سیستم مصرف کننده آب آبخاری به این معنی است که در طی تولید، چند کاربر از آب تخلیه شده دیگر کاربرها استفاده می‌کنند که با یک توالی مشخص، بر مبنای تقاضای متفاوت آن‌ها از درجه حرارت و کیفیت آب می‌باشد. سیستم مصرف کننده آب با استفاده مجدد یعنی آب تخلیه شده اصلاح می‌شود و سپس مجدداً در فرآیندهای مختلف تولید یک شرکت به کار می‌رود.

## ۲.۳. مدل بهینه سازی شبکه برای سیستم مصرف کننده

### آب شرکت‌های فولاد

در طی فرآیندهای مختلف تولید یک شرکت فولادی، شبکه مصرف کننده آب بر مبنای روش مصرف آب تک - مسیر، سیستم مصرف کننده آب گردش، سیستم مصرف کننده آب آبخاری و سیستم مصرف کننده آب با استفاده مجدد می‌باشد. برخی از فرآیندها به آب شیرین نیازمندند و برخی خواستار آب با کیفیت پایین هستند. به عنوان مثال، فرآیندهای کک سازی و کلوخه سازی خواستار آب با کیفیت بالا نیستند، در حالی که فرآیندهای ریخته گری پیوسته و نورد حساسیت زیادی در کیفیت سختی آب دارند. بنابراین، استفاده از ۶ فرآیند تولید اصلی، یعنی کک سازی، کلوخه سازی، آهن سازی، فولاد سازی، ریخته گری پیوسته و نورد و به دنبال آن هدایت نظری مدل SFA following - observing، یک مدل شبکه برای سیستم‌های آب مصرفی شرکت‌های فولاد، می‌تواند بر مبنای درخواست‌های متفاوت روش‌ها و تجهیزات در کیفیت و حجم آب پایه گذاری شود (شکل ۳ را ببینید). در شکل ۳، خط تیره‌ها نشان دهنده عدم اطمینان از اتصال آب بین فرآیندهای مختلف است هنگامی که تجهیزات متفاوت در فرآیند تولید مشابه اختیار شده است که توسط تقاضاهای مختلف بر کیفیت آب ایجاد می‌شود. به عنوان مثال، آب با کیفیت مورد نیاز یک کوره و مبدل متفاوت است.



شکل ۲. چهار سیستم آب مصرفی در صنعت فولاد. a: سیستم مصرف کننده آب تک - عبوری؛ b: سیستم مصرف کننده آب گردش؛ c: سیستم مصرف کننده آب آبخاری؛ d: سیستم مصرف کننده آب با استفاده مجدد.



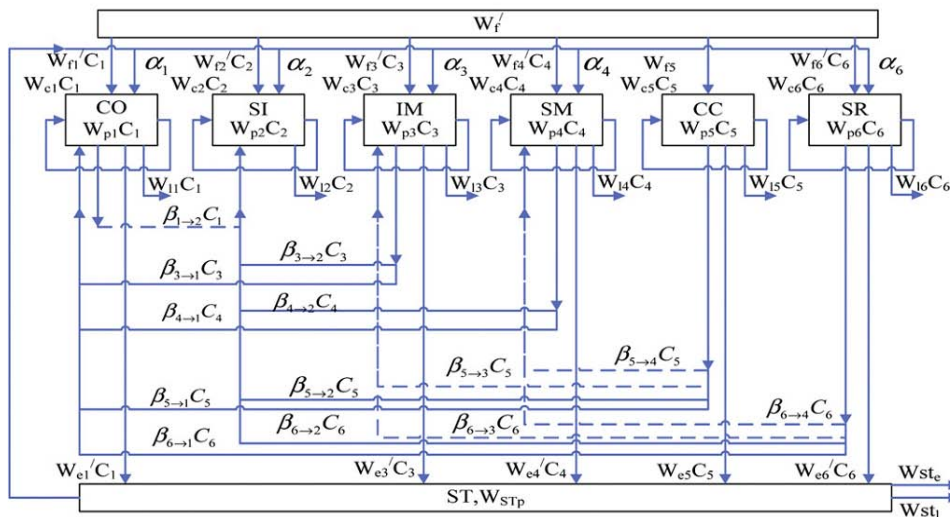
### ۳.۱. مرحله سرمایه گذاری

شاخص‌های ارزیابی سیستم‌های مصرف کننده آب شامل شاخص‌های مستقیم و شاخص‌های توسعه یافته است. (۱) شاخص‌های مستقیم: مصرف آب / فولاد - تن،  $W_p$ ، مقدار آب مصرفی به ازای هر تن تولید فولاد است که می‌تواند فن آوری آب مورد استفاده را ارزیابی کند و تأثیر صرفه جویی در آب را در یک شرکت فولاد اندازه بگیرد. آب مصرفی بازیافتی / فولاد - تن،  $W_e$ ، مقدار آب بازیافتی به ازای هر تن فولاد تعریف می‌شود که می‌تواند منعکس کننده فن آوری آب بازیافتی یک شرکت باشد. آب مصرفی شیرین / فولاد - تن،  $W_f$ ، مقدار آب شیرین صنایع برای هر تن فولاد است که می‌تواند تأثیر صرفه جویی در آب یک شرکت فولاد را ارزیابی کند؛ انتشار فاضلاب / (فولاد تن)،  $W_e$ ، مقدار انتشار فاضلاب به ازای هر تن فولاد است که آن یک شاخص ضروری به منظور ارزیابی تأثیر صرفه جویی در آب و اثرات محیطی یک شرکت فولاد است.

با توجه به مباحث فوق در کاربرد مدل شبکه مصرفی آب، مشکلات موجود در سیستم آب مصرفی و نکات کلیدی صرفه جویی در آب قابل تعریف می‌باشد. سپس به صورت ترکیب با فن آوری‌های صرفه جویی آب مربوطه، یک مدل شبکه بهینه از طریق تنظیمات و بهینه سازی اتصال به آب و ساختار شبکه ساخته می‌شود. بنابراین، خط تیره‌ها (در شکل ۳) می‌تواند به خطوط توپر تبدیل شود. این کاربرد با جزئیات بیشتر در مطالعه مورد زیر مورد بحث قرار خواهد گرفت.

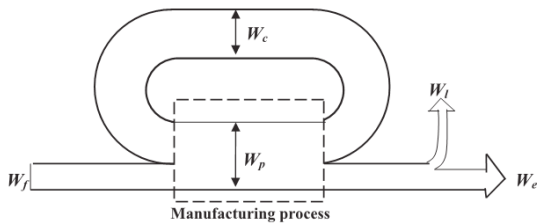
### ۳. روش شاخص ارزیابی سیستم مصرف کننده آب شرکت‌های فولادسازی

به منظور مقایسه و تجزیه و تحلیل وضعیت‌های مصرف آب شرکت‌های فولاد و تأثیر صرفه جویی در آب، مجموعه‌ای از شاخص‌های ارزیابی، باید منعکس کننده عملکرد منتج از نوآوری‌های فنی و بهبود مدیریت یک شرکت باشد. بر اساس مدل شبکه بالا و ویژگی آب مصرفی شرکت‌های فولاد، یک سیستم شاخص ارزیابی، با استفاده از شاخص‌های ارزیابی سیستم ساخته می‌شود. این سیستم شاخص می‌تواند به دو مرحله مختلف تقسیم شود، یعنی مرحله سرمایه گذاری و مرحله فرآیند تولید.



شکل ۳. مدل شبکه آب مصرفی صنایع فولاد. CO - کک سازی؛ SI - سین‌تر سازی؛ IM - آهن سازی؛ SM - فولاد سازی؛ CC - ریخته گری پیوسته؛ SR - نورد فولاد؛ ST - عملکرد فاضلاب؛ W - واحد آب مصرفی؛ C - راندمان محصولات؛  $\alpha$  - تهیه آب از تمام سیستم‌های مصرف کننده آب برای فرآیندها؛  $\beta$  - تهیه آب بین فرآیندهای مختلف؛ زیر نویس‌های ۱، ۲، ... و ۶ به ترتیب کک سازی، کلوخه سازی، آهن سازی، فولاد سازی، ریخته گری پیوسته و نورد فولاد را نشان می‌دهند؛ a - آب با استفاده مجدد؛ b - استفاده آبشاری از آب مجدداً استفاده شده بین سیستم‌های مصرف کننده آب؛ c - آب بازیافتی؛ e - انتشار فاضلاب؛ f - آب شیرین صنعتی افزوده شده؛ I - تلفات آب؛ p - آب مصرفی نهایی؛ st - آب در پالایشگاه تصفیه فاضلاب؛ به علاوه، این نمادها در شکل‌های ۷ و ۸ همین معانی را دارند.

گردش آب می‌تواند این گونه ترسیم شود:

$$\gamma = 1 / (1 - \mu) \quad (6)$$


شکل ۴. طرح ریزی فرآیند چرخه آب در صنعت فولاد.

### ۳.۲. تراز فرآیند تولید

شاخص‌های ارزیابی مرحله فرآیند تولید به همان معنی مرحله سرمایه‌گذاری است. اما تولیدات و روش‌های تجزیه و تحلیل آن‌ها با هم متفاوت است. در گذشته، یک تن از متوسط محصولات (به عنوان مثال، هر تن کک و هر تن سنگ معدن) را به جای هر تن فولاد استفاده می‌کردند. بنابراین واحد مربوطه باید تغییر می‌کرد. به عنوان مثال، شاخص‌های ارزیابی برای کک سازی شامل: (کک t) / مصرف آب و (کک t) / آب بازیافتی و (کک t) / آب مصرفی شیرین، (کک t) / انتشار فاضلاب و سرعت گردش آب، راندمان منابع آب و راندمان محیطی آب.

### ۴. بررسی موردی

یک مدل شبکه برای شرکت‌های گروه آهن و فولاد (فولاد A) در چین ساخته شده است که به عنوان یک مطالعه موردی در این مقاله ارائه می‌شود. در همین حال وضعیت‌های آب مصرفی فولاد A قبل و پس از بهینه‌سازی شبکه با استفاده از شاخص‌های ارزیابی بالا تجزیه و تحلیل می‌شود. فولاد A یکی از بزرگ‌ترین شرکت‌های ترکیبی است که در زمان تأسیس P.R چین دارای ظرفیت تولید سالانه ۱۸ میلیون تن فولاد بود. مقدار آب مصرفی شیرین به ازای هر تن فولاد آن از سال ۲۰۰۰ تا ۲۰۰۹ در شکل ۵ نشان داده می‌شود. در شکل ۶ می‌توان دید که فولاد A دارای رتبه ششم در شرایط آب مصرفی در هر تن فولاد است که نشان می‌دهد این فن آوری آب شرکت، جایگاه متوسط و بالایی را در رتبه بندی صنایع متالورژیکی ملی چین دارد.

فرآیند چرخه آب یک شرکت فولاد در شکل ۴ نشان داده شده است و ترکیب خط تیره نشان دهنده فرآیند تولید فولاد است. مطابق با شکل ۴، دو بخش جریان آب ورودی یعنی آب بازیافتی به ازای هر تن فولاد و آب شیرین به ازای هر تن فولاد دیده می‌شوند. در همین حال، سه قسمت جریان آب گذرنده از فرآیند تولید وجود دارد، یعنی، آب بازیافتی به ازای هر تن فولاد، آب شیرین به ازای هر تن فولاد و انتشار فاضلاب به ازای هر تن فولاد. بر اساس توازن آب، رابطه شاخص‌ها به صورت زیر بیان می‌شود:

$$W_p = W_f + W_c \quad (1)$$

$$W_f = W_i + W_e \quad (2)$$

$W_p$  - آب مصرفی به ازای هر تن فولاد، بر حسب متر مکعب بر تن؛  $W_f$  - آب شیرین مصرفی به ازای هر تن فولاد، بر حسب متر مکعب بر تن؛  $W_c$  - آب مصرفی بازیافتی به ازای هر تن فولاد، بر حسب متر مکعب بر تن؛  $W_i$  - آب اتلافی به ازای هر تن فولاد، بر حسب متر مکعب بر تن.

(۲) شاخص‌های توسعه یافته: راندمان منابع آب ( $\gamma$ )، نسبت آب مصرفی نهایی به آب شیرین در یک فرآیند تولید مشخص در یک دوره زمانی آماری است که می‌تواند نشان دهنده ارزش استفاده از آب شیرین صنعتی و فن آوری‌های آب مورد استفاده به طور غیر مستقیم باشد. این معادله می‌تواند به این صورت بیان شود:

$$\gamma = W_p / W_f \quad (3)$$

سرعت گردش آب ( $\mu$ )، نسبت آب بازیافتی به آب مصرفی نهایی در یک دوره زمانی آماری است که آن می‌تواند کاربرد منابع آب و فن آوری آب مصرفی را ارزیابی کند. این معادله به صورت زیر ارائه می‌شود:

$$\mu = (W_c / W_p) \times 100\% \quad (4)$$

راندمان محیطی آب ( $\eta$ ) با انتشار فاضلاب به ازای هر تن فولاد در فرآیند تولید فولاد در تقابل است که درجه حرارت محیط را در طول مصرف آب ارزیابی می‌کند. این معادله به صورت زیر توصیف می‌شود:

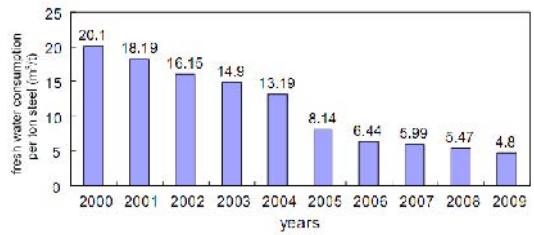
$$\eta = 1 / W_e \quad (5)$$

از معادله (۱) تا (۴)، رابطه بین راندمان منابع آب و سرعت

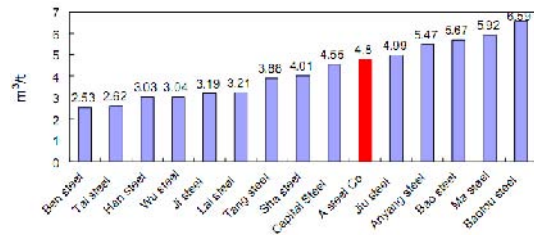


۴۵/۷۱٪ و سرعت گردش آب ۹۷/۰۳٪ و راندمان محیطی آب ۲/۲۰٪ می باشد.

مشکلات فولاد A در آب مصرفی عبارتند از: (۱) مقدار زیاد مصرف آب شیرین در سیستم های مصرف کننده آب که نیازی به آب شیرین ندارد؛ (۲) راندمان محیطی آب کم که به دلیل تخلیه فاضلابی است که پس از تصفیه ساده مستقیماً وارد محیط می شود، در نتیجه با مقدار زیادی انتشار فاضلاب مواجه هستیم. به منظور حل کردن مشکلات ذکر شده در بالا، بهینه سازی اندازه گیری ها به این شرح است: (۱) سیستم های مصرف کننده آب در فرآیند کک سازی که شامل پخت کک، سریع سرد کردن کک و پاک کردن گرد و غبار که می توانست به وسیله آب هایی که برای استفاده مجدد است انجام گیرد. (۲) در فرآیند آهن سازی، فاضلاب ناشی از سیستم های آب خنک کننده، می توانست برای سیستم های آب مصرفی فرآیندهای کک سازی (شامل پخت کک و سریع سرد کردن و پاک کردن گرد و غبار کک) به کار رود، فرآیندهای کلوخه سازی (شامل گرد و غبار، شستشو، مخلوط کلوخه و حرارت کارکرد سنگ معدن) و فرآیندهای فولاد سازی (شامل تصفیه دود و سربراه در سیستم های مصرف کننده آب) و فرآیندهای نورد. (۳) فاضلاب ناشی از فرآیندهای مختلف تولید باید در مرکز تصفیه جمع آوری شود که آن می توانست در دیگر سیستم های مصرف کننده آب پس از یک تصفیه پیشرفته استفاده شود. بر مبنای این بهینه سازی اندازه گیری ها، مدل شبکه فولاد A سیستم مصرف کننده آب در شکل ۸ نشان داده می شود.



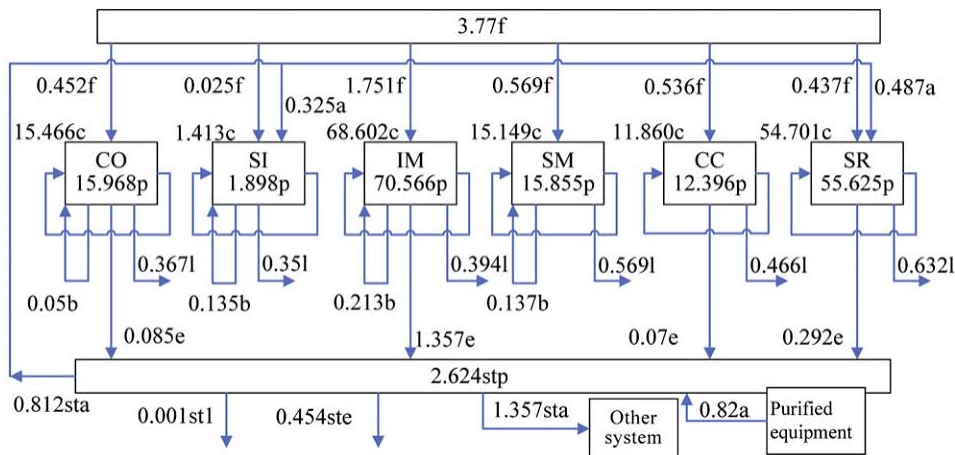
شکل ۵. مقدار مصرف آب شیرین به ازای هر تن، از سال ۲۰۰۰ تا ۲۰۰۹ در فولاد A.



شکل ۶. مصرف آب شیرین به ازای هر تن در شرکت های فولاد بزرگ چین از ماه ژوئن تا مارس در سال ۲۰۰۹.

بر اساس روش ها و فرضیه های بالا، یک مدل شبکه برای سیستم آب مورد استفاده در فولاد A (شکل ۷ را ببینید) راه اندازی شده است که در آن برای آب مصرفی، شش فرآیند تولید معمولی در نظر گرفته شده است.

مطابق با شکل ۷، می توان چنین تصویری داشت که آب شیرین صنعتی هر تن فولاد  $3.77 \text{ m}^3/\text{t}$ ، آب بازیافتی هر تن فولاد  $1.67/1.91 \text{ m}^3/\text{t}$ ، آب مصرفی هر تن فولاد  $1.72/3.80 \text{ m}^3/\text{t}$ ، انتشار فاضلاب هر تن فولاد  $0.454 \text{ m}^3/\text{t}$ ، راندمان منابع آب



شکل ۷. مدل شبکه برای آب مصرفی فولاد A.

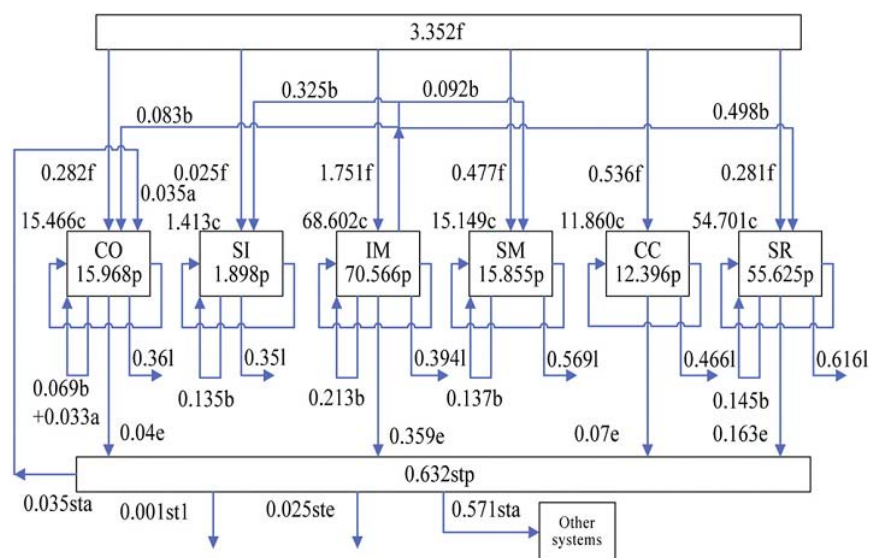
کک سازی، ریخته گری پیوسته و نورد دیده شود. به عنوان مثال، در فرآیند نورد، مصرف آب شیرین در هر تن فولاد به  $0/159 \text{ m}^3/\text{t}$  کاهش یافته است؛ انتشار فاضلاب در هر تن فولاد به  $0/286 \text{ m}^3/\text{t}$  کاهش و راندمان منابع آب به  $70/32\%$  و راندمان محیطی آب به  $65/02\%$  افزایش یافته است. اکثر شاخص‌ها از طریق بهینه سازی شبکه آب بهبود یافته‌اند، بجز  $W_e$  (فولاد - تن / آب مصرفی بازیافتی) و  $W_f$  (فولاد - تن / آب مصرفی

بر اساس سیستم شاخص تأسیس شده، آب مصرفی فولاد A در فرآیندهای تولید و همه تولیدات جاری، قبل و پس از بهینه سازی مقایسه و تجزیه و تحلیل می‌شود (جدول ۱ و شکل ۹ را ببینید). همان طور که در جدول ۱ و شکل ۹ نشان داده می‌شود، شاخص‌های استفاده از آب پس از بهینه سازی در فولاد A بهبود یافته‌اند، به ویژه  $W_p$ ،  $W_e$ ،  $\gamma$  و  $\eta$ . بالاترین عملکرد صرفه جویی در آب بهینه سازی شبکه می‌تواند در فرآیندهای

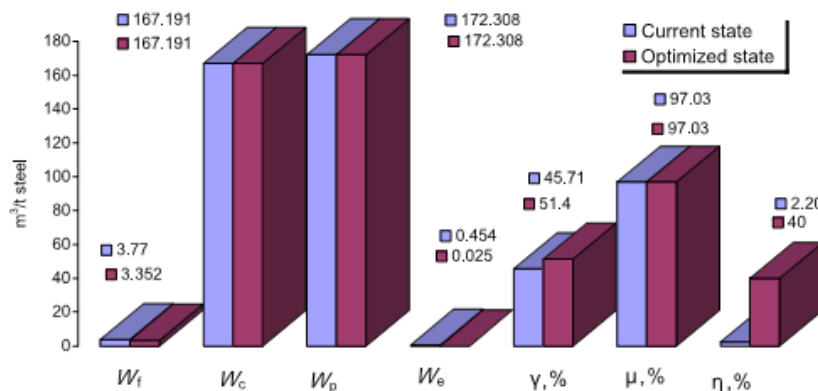
جدول ۱. آب مصرفی فولاد A قبل و پس از بهینه سازی شبکه سیستم آب مصرفی.

	$W_p$ (m <sup>3</sup> /t steel)	$W_r$ (m <sup>3</sup> /t steel)	$W_f$ (m <sup>3</sup> /t steel)	$W_e$ (m <sup>3</sup> /t steel)	$\gamma$ (%)	$\mu$ (%)	$\eta$ (%)
Current state	0.452	15.466	15.968	0.091	35.35	96.86	3.58
Optimized state	0.282	15.466	15.968	0.005	56.60	96.86	66.67
Current state	0.025	1.413	1.898	0	74.57	74.46	∞
Optimized state	0.025	1.413	1.898	0	74.57	74.46	∞
Current state	1.751	68.602	70.566	0	40.51	97.22	∞
Optimized state	1.751	68.602	70.566	0	40.51	97.22	∞
Current state	0.569	15.149	15.855	0	27.86	95.55	∞
Optimized state	0.477	15.149	15.855	0	33.24	95.55	∞
Current state	0.536	11.860	12.396	0.071	23.11	95.67	14.08
Optimized state	0.536	11.860	12.396	0.008	23.11	95.67	125
Current state	0.437	54.701	55.625	0.292	127.37	98.34	3.34
Optimized state	0.281	54.701	55.625	0.012	197.69	98.34	76.92
Current state	3.77	167.191	172.308	0.454	45.71	97.03	2.20
Optimized state	3.352	167.191	172.308	0.025	51.4	97.03	40
Water process	↓ 11.1%	0	0	↓ 94.54%	↑ 12.4%	0	↑ 1718.2%

توجه داشته باشید: علامت (↓) به معنی کاهش وضعیت شاخص برای کلیه فرآیندها در یک شرکت فولاد است. علامت (↑) به معنی افزایش وضعیت شاخص برای همه فرآیندها در یک شرکت فولاد است.



شکل ۸. مدل بهینه سازی شبکه آب مصرفی در فولاد A.



شکل ۹. معایرت شاخص‌های وضعیت جاری و وضعیت بهینه سیستم آب مصرفی در فولاد A.

و مشکلات در سیستم‌های آب مصرفی صنایع فولاد می‌توانست تعیین شود که اثبات می‌کرد این مدل شبکه برای تجزیه و تحلیل و بهینه سازی شبکه آب صنعت فولاد قابل اجرا است. (۲) پس از انجام برخی بهینه سازی اندازه گیری‌ها در بازیافت آب، مصرف آب در هر تن فولاد در شرکت مورد مطالعه به  $0.418 \text{ m}^3/\text{t}$  و انتشار فاضلاب به ازای هر تن فولاد به  $0.429 \text{ m}^3/\text{t}$  کاهش و راندمان منابع آب به  $5/69\%$  و راندمان محیطی آب به  $37/80\%$  افزایش یافت. اگر اقدامات بهینه سازی اجرا شود می‌توان نتیجه گرفت که شرکت مورد مطالعه دستاوردهای قابل توجهی را در صرفه جویی در آب کسب خواهد کرد. به کار بردن مدل SFA following – observating به منظور تجزیه و تحلیل و بهینه سازی شبکه آب صنعت فولاد قابل اجرا است. به هر حال، در این مقاله ضعف‌هایی در کارکرد SFA following–observating برای تجزیه و تحلیل و بهینه سازی شبکه آب صنعت فولاد وجود دارد. به عنوان مثال، در مقوله‌های صرفه جویی آب، به مقدار کمی ملاحظات در تجهیزات صرفه جویی آب در شکل پیشرفته منطبق با کارخانجات معظم نورد فولاد به واسطه اجرای بالا و هزینه‌های عملیاتی وجود دارد.

شیرین) و  $\mu$  (سرعت گردش آب). توجه داشته باشید که راندمان محیطی آب ( $\eta$ ) به طور مطلوبی به اندازه ۱۷ مرتبه پس از بهینه‌سازی افزایش یافته است و دارای بالاترین سرعت تغییر در میان همه شاخص‌ها می‌باشد. هم چنین انتشار فاضلاب در هر تن فولاد ( $W_e$ ) که به  $94/54\%$  کاهش یافته است، نشان دهنده بهبود قابل توجهی است. صرفه جویی در آب شیرین ( $W_p$ )، مقدار  $11/1\%$  و راندمان منابع آب ( $\gamma$ ) به حدود  $12/4\%$  افزایش یافته است. در یک کلام، آب مصرفی در فولاد A به شکل قابل توجهی پس از بهینه سازی شبکه بهبود یافته است.

## ۵. نتیجه گیری

این مقاله روش‌ها و فرضیه‌های مدل SFA following – observating را در ساختن یک مدل شبکه و راه اندازی یک سیستم شاخص ارزیابی برای بخش آب مصرفی شرکت‌های فولاد به کار برده است. همراه با فرضیه‌ها و فن آوری‌های مصرف آب (یعنی خدمات آب آبخاری، آب بازیافتی، استفاده چندگانه از آب و رتبه بندی استفاده از آب)، این مقاله یک تجزیه و تحلیل و ارزیابی بر فولاد A در چین انجام داده است:

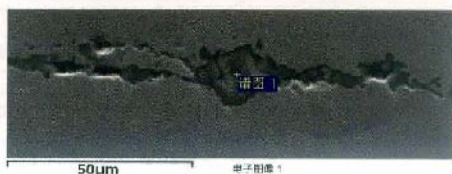
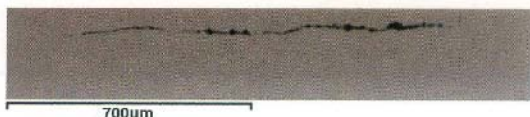
(۱) این مدل شبکه بر مبنای مدل SFA following – observating است. در ابتدا بر اساس این مدل شبکه و سیستم شاخص ارزیابی

## ارزیابی آخال‌های پایه $MgO \cdot Al_2O_3$ در فولادها\*

ترجمه و تدوین: حبیب‌الله رستگاری

دانشجوی دکتری مهندسی مواد، دانشکده مهندسی مواد- دانشگاه صنعتی اصفهان

ترمودینامیکی مورد مطالعه قرار گرفته است. علاوه بر این، تأثیر ترکیب شیمیایی سرباره و نوع دیرگداز جداره کوره و همچنین شرایط خلاء در حین اصلاح فولاد بر روی تشکیل اسپینل  $MgO \cdot Al_2O_3$  مورد بحث و بررسی قرار گرفته است. آزمون‌های اصلاح اسپینل‌های  $MgO \cdot Al_2O_3$  به وسیله کلسیم نیز هم در مقیاس آزمایشگاهی و هم صنعتی انجام گرفته است و مکانیزم‌های اصلاح آن بحث شده است.



شکل ۱. وجود آخال‌های اسپینل  $Al_2O_3 - MgO$  در محصول نورد شده (۷۴/۹۰ درصد  $Al_2O_3$ ، ۵/۳۴ درصد FeO و ۱۹/۷۶ درصد MgO).

### مکانیزم تشکیل آخال‌های پایه $MgO \cdot Al_2O_3$

اصول ترمودینامیکی:

به منظور مطالعه نحوه تشکیل آخال‌ها، دیاگرام‌های پایداری سیستم  $Mg-Al-O$  و سیستم  $Mg-Al-Ca-O$  برای فولاد 30CrMo محاسبه گردید. ترکیب شیمیایی اسمی فولاد 30CrMo در جدول ۱ نشان داده شده است. اکسیژن محلول در فولاد پس از اکسیژن زدایی 1-10 ppm است. اطلاعات ترمودینامیکی و واکنش‌های مورد استفاده در محاسبات در جدول ۲ آورده شده است.

\* این متن ترجمه کاملی از مقاله‌ی زیر است:

S. Yang, L. Zhang, L. Sun, J. Li and k. Peaslee  
"Investigation on  $MgO \cdot Al_2O_3$ - Based inclusions in steels", Iron and Steel Technology, August 2012.

<sup>1</sup> Submerged Entry Nozzle (SEN)

آخال‌های اسپینلی بر پایه  $MgO \cdot Al_2O_3$  به دلیل نقطه ذوب بالا و سختی زیاد تأثیر بسیار مخربی بر کیفیت محصولات و قابلیت ریخته‌گری فولاد دارند. آخال‌های  $MgO \cdot Al_2O_3$  باعث کاهش مقاومت به خوردگی فولاد و ایجاد عیوب سطحی و ترک خوردگی در حین فرایند کشت عمیق یا اسپیننگ فولاد می‌شوند. این نوع آخال‌ها تمایل به رسوب دهی و تجمع در دیواره داخلی نازل‌های زیر سطحی<sup>۱</sup> دارند. آخال‌های مسدود شده در نازل ممکن است از SEN جدا شده و با وارد شدن در فولاد؛ در دیواره منجمد شده آن قرار گیرند. این پدیده باعث ایجاد عیب داخلی بسیار مخربی می‌شود (شکل ۱). برخی تحقیقات در زمینه چگونگی تشکیل آخال‌های اسپینلی در فولاد انجام گرفته است. دیاگرام‌های حالیت آخال‌های اکسیدی مربوط به منیزیم حل شده و آلومینیم حل شده در فولاد با استفاده از روابط ترمودینامیکی و آنالیزهای آزمایشگاهی اندازه‌گیری شده است. گزارش شده است که خاصیت بازی و ترکیب سرباره‌ها تأثیر زیادی بر تشکیل آخال‌های اسپینلی در فولادهای زنگ‌نزن کروم دار دارد. یکی از بحث‌های مطرح در این زمینه این بوده است که آیا می‌توان به وسیله کلسیم (Ca) آخال‌های اسپینلی را اصلاح و تبدیل به آخال‌های مذاب کرد. برخی مقالات نتیجه گرفته‌اند که تأثیر آلومینا خالص بر روی اصلاح آخال‌های  $MgO \cdot Al_2O_3$  بیشتر از کلسیم است. به هر حال بیشتر کارهای تحقیقاتی اخیر نشان داده‌اند که تحت شرایط احیائی، اصلاح آخال‌های  $MgO \cdot Al_2O_3$  به وسیله کلسیم امکان‌پذیر بوده و حتی راحت‌تر از آخال‌های آلومینای خالص است. یانگ و همکارانش دریافته‌اند که آخال‌های اسپینلی با کلسیم حل شده واکنش می‌دهد و فاز مذاب کلسیم-آلومینات تشکیل می‌شود.

در پژوهش حاضر، مکانیزم تشکیل و اصلاح آخال‌های اسپینلی  $MgO \cdot Al_2O_3$  در فولادهای آلیاژی به وسیله محاسبات



جدول ۱. ترکیب اسمی فولاد 30CrMo (%).

Nominal Composition of 30CrMo Steel (%)							
C	Si	P	S	Mn	Al	Cr	Mo
0.34	0.35	0.20	0.015	0.70	0.035	0.10	0.20

جدول ۲. واکنش‌ها و اطلاعات ترمودینامیکی بکار برده شده در محاسبات.

Reactions and Thermodynamic Data Used in the Calculation		
No.	Reaction	$\Delta G^\circ$
1	$MgO(s) = [Mg] + [O]$	$\Delta G_1^\circ = 89,992 + 81.95T$
2	$Al_2O_3(s) = 2[Al] + 3[O]$	$\Delta G_2^\circ = 867,356 - 222.497T$
3	$MgO(s) + 2[Al] + 3[O] = MgO \cdot Al_2O_3(s)$	$\Delta G_3^\circ = -887,960 + 210.887T$
4	$Al_2O_3(s) + [Mg] + [O] = MgO \cdot Al_2O_3(s)$	$\Delta G_4^\circ = -110,720 - 93.517T$
5	$MgO(s) + Al_2O_3(s) = MgO \cdot Al_2O_3(s)$	$\Delta G_5^\circ = -20,740 - 11.577T$
6	$4MgO(s) + 2[Al] = 3[Mg] + MgO \cdot Al_2O_3(s)$	$\Delta G_6^\circ = 255,878 - 85.97T$
7	$3MgO \cdot Al_2O_3(s) - 2[Al] = 4Al_2O_3(s) + 3[Mg]$	$\Delta G_7^\circ = 331,190 - 60.77T$

جدول ۳. ضرایب تقابل اکتیویته

i	j		
	Mg	Al	O
Mg	—	-0.12	-404
Al	-0.13	0.043	-1.98
O	-266	-3.9	-0.2

زیر محاسبه کرد:

$$\Delta G_6^\circ = -RT \ln K_6 = 255878 - 85.97T \quad (\text{Eq. 6})$$

در این محاسبات  $T=1873$  K و ثابت گازها  $R=8.314$  J/K. mol است. ضرایب تقابل اکتیویته ( $e_i^j$ ) در جدول ۳ نشان داده شده است.

از معادلات ۱ تا ۶ و اطلاعات جدول ۳ معادله زیر قابل استخراج است.

$$3 \lg [\%Mg] - 2 \lg [\%Al] + 3.26 [\%Mg] - 0.446 [\%Al] - 1208.04 [\%O] = -2.6486 \quad (\text{Eq. 7})$$

بنابراین رابطه بین  $[Mg]$  حل شده و  $[Al]$  حل شده در خط مرزی  $MgO/MgO \cdot Al_2O_3$  را می‌توان بدست آورد. برای محاسبه خط مرزی  $MgO/MgO \cdot Al_2O_3$ ، واکنش ۷ را می‌توان از واکنش ۲ و ۴ محاسبه کرد. مشابه معادله ۷، معادله ۸ را می‌توان برای رابطه بین  $[Mg]$  حل شده و  $[Al]$  حل شده در خط مرزی  $MgO \cdot Al_2O_3/Al_2O_3$  بدست آورد.

برای محاسبه خط مرزی بین  $MgO/MgO \cdot Al_2O_3$ ، واکنش ۶ از واکنش ۲ و ۳ استخراج شد و ثابت تعادل برای واکنش ۶ به صورت زیر بیان گردید.

$$K_6 = \frac{a_{[Mg]}^3 \cdot a_{MgO \cdot Al_2O_3}}{a_{MgO}^4 \cdot a_{[Al]}^2} \quad (\text{Eq. 1})$$

اگر اکتیویته اکسید برابر یک فرض شود یا به عبارت دیگر  $a_{MgO} = 1$  و  $a_{MgO \cdot Al_2O_3} = 1$  سپس:

$$K_6 = \frac{a_{[Mg]}^3}{a_{[Al]}^2} = \frac{f_{[Mg]}^3 \cdot [\%Mg]^3}{f_{[Al]}^2 \cdot [\%Al]^2} \quad (\text{Eq. 2})$$

بنابراین

$$(\text{Eq. 3})$$

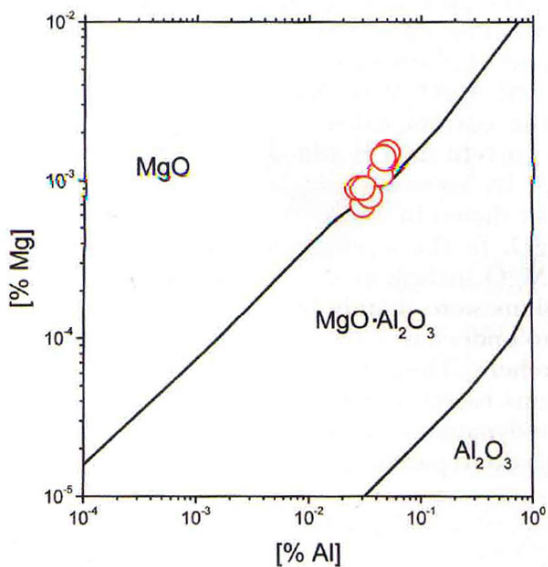
$$\lg K_6 = 3 \lg f_{Mg} + 3 \lg [\%Mg] - 2 \lg f_{Al} - 3 \lg [\%Al]$$

ضریب اکتیویته به وسیله رابطه زیر قابل محاسبه است:

$$\lg f_{Mg} = e_{Mg}^{Mg} [\%Mg] + e_{Mg}^O [\%O] + e_{Mg}^{Al} [\%Al] \quad (\text{Eq. 4})$$

$$\lg f_{Al} = e_{Al}^{Al} [\%Al] + e_{Al}^O [\%O] + e_{Al}^{Mg} [\%Mg] \quad (\text{Eq. 5})$$

ثابت تعادل را می‌توان به وسیله انرژی آزاد گیبس به صورت

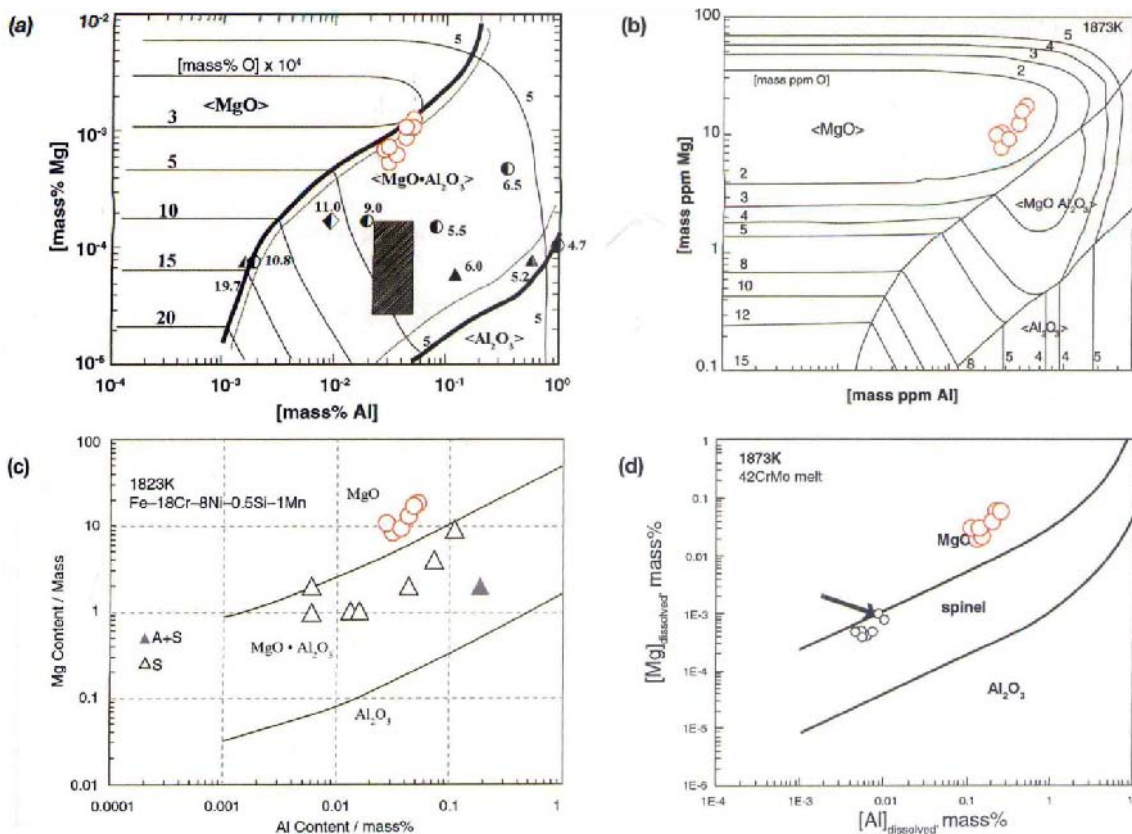


شکل ۲. نمودار پایداری سیستم Mg-Al-O در فولاد پژوهش حاضر.

$$3\lg[\%Mg] - 2\lg[\%Al] + 3.26[\%Mg] - 0.446[\%Al] - 5.04[\%O] = -6.0648 \quad (\text{Eq. 8})$$

خطوط مرزی برای  $MgO \cdot Al_2O_3$  و  $MgO \cdot Al_2O_3 / Al_2O_3$  را می‌توان بر طبق معادلات ۱۳ و ۱۴ مطابق شکل ۲ رسم کرد. شکل ۲ نوع اکسید را در مقادیر مختلف [Mg] و [Al] حل شده نشان می‌دهد. برای مثال، فولاد حاضر به وسیله نقاطی در محدوده  $[Al\%] = 0.03-0.05$  و  $[Mg\%] = 0.0003-0.002$  یا  $[Mg] = 3-20$  ppm نشان داده شده است. در چنین شرایطی، سیستم Mg-Al-O، آخال‌های  $MgO$  و  $MgO \cdot Al_2O_3$  در اطراف خط مرزی منحنی  $MgO / MgO \cdot Al_2O_3$  تشکیل خواهد داد. به هر حال اگر میزان [Al] حل شده به 0.2 افزایش یابد و [Mg] حل شده ثابت باقی بماند، تنها آخال‌های  $MgO \cdot Al_2O_3$  به وجود می‌آیند.

همان‌طور که در شکل ۳ ملاحظه می‌شود یک اختلاف



شکل ۳. نمودار پایداری سیستم Mg-Al-O در دمای ۱۸۷۳ کلونین (دوایر توخالی مربوط به پژوهش حاضر می‌باشد): (a) فوجی و همکارانش، (b) ستو و همکارانش، (c) تودوروکی و میزونه (برای فولاد زنگ نزن ۳۰۴) و (d) جیانگ و همکارانش (برای فولاد ساختمانی آلیاژی استحکام بالا).



می‌باشد. بنابراین با کنترل ترکیب سرباره و جداره نسوز می‌توان ترکیب ناخالصی را کنترل کرد.

تأثیر ترکیب سرباره: مطابق واکنش ۱ و ۲ در جدول ۲، معادلات زیر تحت شرایط تعادل ترمودینامیکی به دست می‌آیند.

$$\lg\{[\%Mg]. [\%O]\} = \lg a_{MgO} - \frac{26212.04}{T} - \lg f_{Mg} - \lg f_O + 6.43 \quad (Eq. 9)$$

$$\lg\{[\%Al]^2. [\%O]^3\} = \lg a_{Al_2O_3} - \frac{63109}{T} - 2 \lg f_{Al} - 3 \lg f_O + 20.42 \quad (Eq. 10)$$

جائیکه:  $a_{Al_2O_3}$  و  $a_{MgO}$  به ترتیب اکتیویته  $MgO$  و  $Al_2O_3$  در سرباره و  $f_i$  ضریب اکتیویته جز  $i$  است که به وسیله معادلات ۴ و ۵ از جدول ۳ قابل محاسبه است. تأثیر ترکیب سرباره روی منیزیم حل شده و تعادلی در دمای 1873k به وسیله معادلات ۹ و ۱۰ قابل محاسبه است.

در این پژوهش ۱۳ گروه از سرباره‌ها با بازیسته<sup>۶</sup> بین ۱/۰ تا ۷/۰ طراحی گردید. مقدار بازیسته به وسیله رابطه  $B=(\%CaO)/(\%SiO_2)$  بدست می‌آید و میزان  $MgO$  و  $Al_2O_3$  و  $FeO$  در سرباره به ترتیب روی مقادیر 5%، 10% و 0.7% تنظیم شد. اکتیویته  $MgO$  و  $Al_2O_3$  در سرباره ( $a_{MgO}$  و  $a_{Al_2O_3}$ ) مطابق شکل ۴ محاسبه گردیده است. بازیسته سرباره تأثیر زیادی بر روی اکتیویته  $Al_2O_3$  دارد. هنگامی که بازیسته بیشتر از یک باشد، اکتیویته  $Al_2O_3$  در سرباره کمتر از 0.1 است و با افزایش بازیسته سرباره، اکتیویته  $Al_2O_3$  در سرباره کاهش می‌یابد.

اکتیویته  $MgO$  در سرباره ابتدا با افزایش بازیسته سرباره افزایش می‌یابد و به محض اینکه بازیسته بیش از ۴ شود، اکتیویته  $MgO$  کاهش می‌یابد. ماکزیمم اکتیویته  $MgO$  در سرباره ۰/۱۵ است. بنابراین بهتر است به جای اینکه فرض شود اکتیویته  $Al_2O_3$  و  $MgO$  واحد است، اثر اکتیویته  $Al_2O_3$  و  $MgO$  در یک سرباره چند جزئی بر روی تشکیل آخال‌ها در نظر گرفته شود. شکل ۵ مقدار تعادلی  $[Al]-[O]$  محاسبه شده در دمای 1873k را نمایش می‌دهد. همان‌طور که ملاحظه می‌شود با در نظر گرفتن اکتیویته سرباره، بازیسته سرباره تأثیر بسزایی روی اکسیژن حل شده نهایی پس از اکسیژن زدایی

بین دیاگرام پایداری  $Mg-Al-O$  بدست آمده توسط محققین مختلف وجود دارد. اگر میزان  $[Mg]$  و  $[Al]$  حل شده در فولاد تحقیق حاضر در دیاگرام فوجی و همکارانش<sup>۲</sup> در نظر گرفته شود؛ آخال‌های  $MgO$  و  $MgO \cdot Al_2O_3$  به عنوان آخال‌های اصلی در فولاد خواهند بود که این موضوع مطابقت خوبی با محاسبات تحقیق حاضر در شکل ۲ دارد. اما اگر مطابق شکل ۳ اطلاعات  $[Mg]$  و  $[Al]$  حل شده در دیاگرام سئو و همکارانش<sup>۳</sup>، تودوروکی و میزونه<sup>۴</sup> و جیانگ و همکارانش<sup>۵</sup> در نظر گرفته شود، آخال‌های اصلی از نوع  $MgO$  خواهد بود. در نمونه های فولادی تحقیق حاضر آخال‌های  $MgO$  خالص به سختی قابل مشاهده بود و آخال‌ها اساساً از نوع  $MgO \cdot Al_2O_3$  و  $Al_2O_3$  بودند. یافتن علت اختلاف بین محاسبات محققین مختلف مشکل است. نویسندگان پژوهش حاضر محاسبات را با استفاده از اطلاعات ترمودینامیکی اصلی آن‌ها تکرار کردند ولی نتوانستند علت این اختلاف را بیانند.

#### تأثیر سرباره و دیرگداز جداره روی تشکیل $MgO \cdot Al_2O_3$

به طور کلی چهار منبع اصلی برای افزوده شدن منیزیم به مذاب فولاد وجود دارد

-  $MgO$  در سرباره به وسیله آلومینیم موجود در مذاب فولاد احیاء می‌شود.

-  $MgO$  در سرباره به وسیله کربن در خلاء احیا می‌شود.

-  $MgO$  در جداره نسوز به وسیله کربن در خلاء احیاء می‌شود.

-  $MgO$  در جداره نسوز به وسیله آلومینیم موجود در مذاب فولاد احیا می‌شود.

بدین ترتیب منیزیم حل شده در مذاب فولاد به  $MgO$  اکسید و سپس در اثر ترکیب با  $Al_2O_3$  منجر به تولید ناخالصی‌های اسپینلی  $MgO \cdot Al_2O_3$  می‌شود. ترکیب ناخالصی‌ها نزدیک به ترکیب سرباره در حال تعادل با فولاد می‌باشد. در سیستم فولاد به سختی تعادل مطلق به وجود می‌آید؛ ولی یک شبه تعادل بین مذاب فولاد و آخال، بین مذاب فولاد و سرباره، بین جداره نسوز و سرباره و بین مذاب فولاد و جداره نسوز وجود دارد. ترکیب ناخالصی‌ها متأثر از ترکیب سرباره و جداره نسوز

<sup>2</sup> Fuji et al

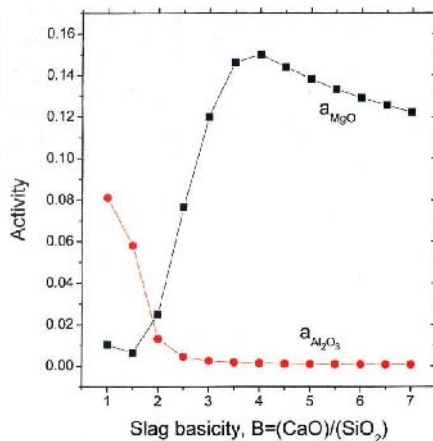
<sup>3</sup> Seo et al

<sup>4</sup> Todoroki, Mizuno

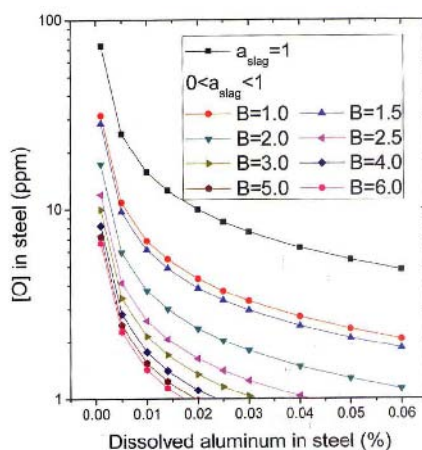
<sup>5</sup> Jiang et al

<sup>6</sup> Basicity

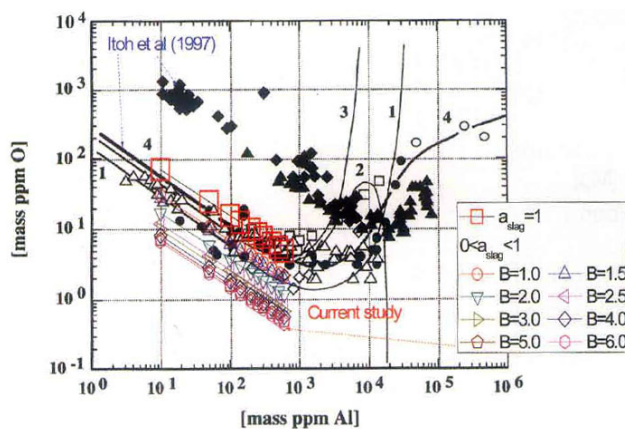
دارد. در شکل ۶ نتایج بدست آمده در مقاله حاضر در مورد مقدار تعادلی [Al]-[O] را با پژوهش دیگری مقایسه می‌کند. توافق جزئی بین مقادیر محاسبه شده در این پژوهش با دیگر اطلاعات ارائه شده، خصوصاً هنگامی که بازسیته سرباره کمتر از ۲ است، وجود دارد.



شکل ۴. مقادیر محاسبه شده برای اکتیویته  $MgO$  و  $Al_2O_3$  در سرباره.



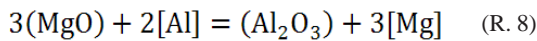
شکل ۵. تعادل [Al]-[O] در دمای ۱۸۷۳ کلون با در نظر گرفتن اثر اکتیویته  $MgO$  و  $Al_2O_3$  در سرباره.



شکل ۶. مقادیر محاسبه شده برای تعادل [Al]-[O] در دمای ۱۸۷۳ کلون با در نظر گرفتن اثر اکتیویته  $MgO$  و  $Al_2O_3$  در سرباره در پژوهش حاضر و مقایسه آن با اطلاعات ارائه شده در دیگر تحقیقات.

### تأثیر ترکیب جداره نسوز:

اکثر موادی که به عنوان نسوز در پاتیل و تاندیش مورد استفاده قرار می‌گیرد، حاوی  $MgO$  هستند. وقتی آلومینیوم محلول در فولاد مذاب بیشتر است،  $MgO$  در جداره نسوز می‌تواند به وسیله آلومینیوم محلول احیا شود و در نتیجه آخال‌های اسپینلی  $MgO \cdot Al_2O_3$  به وسیله واکنش زیر تشکیل می‌شوند:



برای جداره نسوز  $a_{MgO}=1$  بنابراین:

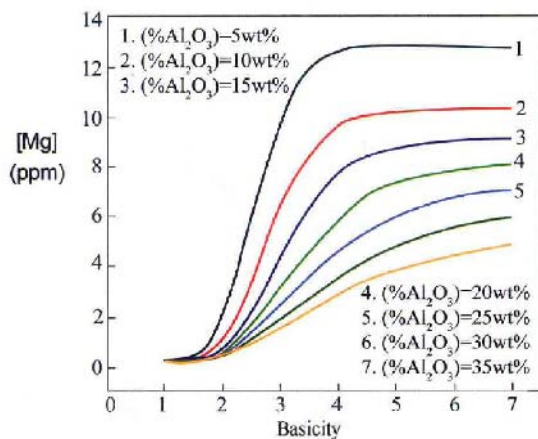
(Eq. 12)

$$K_{18} = \frac{a_{[Mg]}^3 \cdot a_{Al_2O_3}}{a_{[Al]}^2} = \frac{f_{Mg}^3 [\%Mg]^3 \cdot a_{Al_2O_3}}{f_{Al}^2 [\%Al]^2}$$

در دمای 1873K داریم:

$$[\%Mg] = 10^{-3.1358} [\%Al]^{2/3} / a_{Al_2O_3}^{1/3} \quad (Eq. 13)$$

فرض می‌شود که جداره نسوز حاوی 5%  $MgO$  و 0.5%  $FeO$  باشد، در نتیجه وابستگی  $[Al]-[Mg]$  محلول به بازیسته جداره نسوز و مقدار  $Al_2O_3$  را می‌توان محاسبه کرد که در شکل ۹ و ۱۰ رسم شده است. بازیسته بالاتر مواد جداره و محتوی  $Al_2O_3$  کمتر و همچنین آلومینیوم محلول بیشتر در فولاد، باعث تمایل سیستم به وقوع واکنش احیا ۸ و بنابراین افزایش منیزیم محلول در فولاد می‌شود.

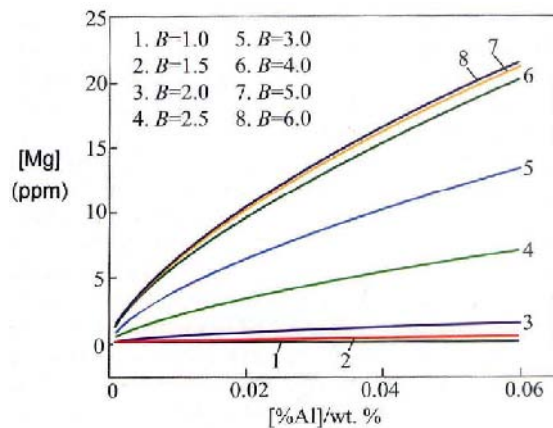


شکل ۹. ارتباط بین بازیسته سرباره و  $[Mg]$  در شرایطی که  $(MgO)=5 \text{ wt. \%}$ ،  $(FeO)=0.5 \text{ wt. \%}$  و  $[Al]=0.02 \text{ wt. \%}$ .

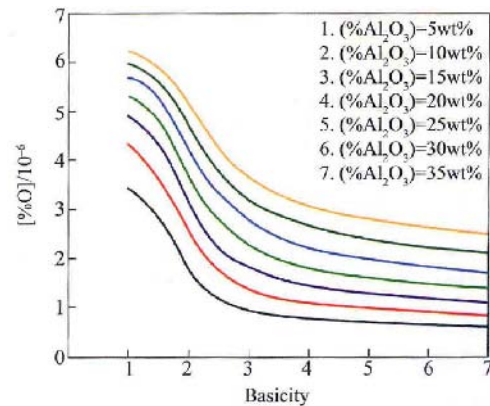
با ترکیب معادلات ۹ و ۱۰ و حذف  $[O]$  در دمای 1873k خواهیم داشت:

$$[\%Mg] = 10^{-3.0074} \cdot a_{MgO} \cdot \{[\%Al]^2 / a_{Al_2O_3}\}^{1/3} \quad (Eq. 11)$$

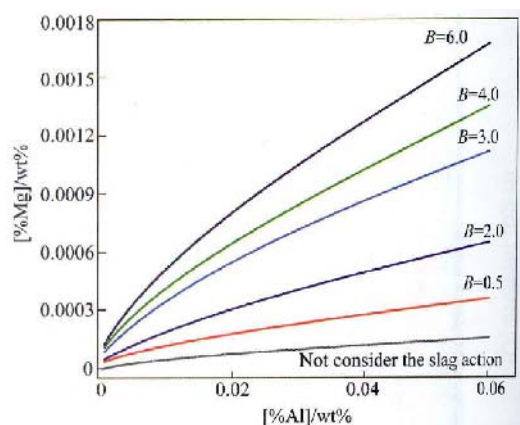
بر طبق معادله ۱۱، نمودارهای تعادل  $[Al]-[Mg]$  در شکل ۷ رسم شده است. میزان منیزیم حل شده با افزایش آلومینیوم حل شده افزایش می‌یابد. هنگامی که بازیسته در محدوده ۱-۱/۵ است، این افزایش محسوس نمی‌باشد. در حالی که برای بازیسته بین ۶-۲/۵، شیب افزایش زیاد است و منجر به تشکیل آخال‌های  $MgO \cdot Al_2O_3$  می‌شود. شکل ۸ تأثیر بازیسته سرباره (۵ درصد وزنی  $MgO$  و ۰/۵ درصد وزنی  $FeO$  و محتوی  $Al_2O_3$  مختلف) بر روی اکسیژن محلول در فولاد حاوی 0.02% آلومینیوم محلول را نمایش می‌دهد. هنگامی که  $Al_2O_3$  در سرباره ۱۰ درصد وزنی و بازیسته ۲/۵ است، اکسیژن محلول در حالت تعادل برابر ۱/۸ ppm و منیزیم محلول ۳/۸ ppm است.



شکل ۷. تعادل  $[Al]-[Mg]$  در مقادیر مختلف بازیسته سرباره.



شکل ۸. ارتباط بین بازیسته سرباره و  $[O]$  در شرایطی که  $(MgO)=5 \text{ wt. \%}$  و  $(FeO)=0.5 \text{ wt. \%}$  و  $[Al]=0.02 \text{ wt. \%}$ .



شکل ۱۰. ارتباط بین [Mg]-[Al] و احیا MgO موجود در جداره نسوز به وسیله آلومینیوم محلول در فولاد مذاب.

جدول ۴. ترکیب شیمیایی نمونه های فولادی در شرایط آزمایشگاهی (wt. %)

	First experiment				Second experiment			
	Ca	Mg	Al	Total O	Ca	Mg	Al	Total O
Case 1	< 0.0005	0.0007	0.030	0.0024	< 0.0005	0.0009	0.027	0.0025
Case 2	0.0007	0.0008	0.035	0.0023	0.0005	0.0009	0.030	0.0025
Case 3	0.0012	0.0010	0.036	0.0023	0.0020	0.0013	0.033	0.0023
Case 1	< 0.0005	0.0014	0.048	0.0022	< 0.0005	0.0011	0.042	0.0022
Case 2	0.0005	0.0015	0.050	0.0021	0.0006	0.0014	0.046	0.0033
Case 3	0.0018	0.0016	0.053	0.0021	0.0022	0.0014	0.051	0.0024

نمونه های فولادی قبل و پس از آزمایش در جدول ۴ آورده شده است. با افزایش CaSi اضافه شده، منیزیم محلول افزایش و اکسیژن موجود در فولاد کاهش یافته است. این امر نشان دهنده احیا منیزیم موجود در ترکیب آخال های اسپینلی و حل شدن آن در مذاب فولاد است. عامل افزایش آلومینیوم محلول در فولاد می تواند حل شدن  $Al_2O_3$  آخال ها در فولاد باشد.

شکل ۱۱ ترکیب شیمیایی آخال ها در شرایط استفاده و عدم استفاده از کلسیم را نشان می دهد. همان طور که در شکل ۱۱ مشاهده می شود اغلب آخال ها قبل از استفاده از کلسیم دارای ترکیب  $MgO.Al_2O_3$  با محتوی ۲۸-۵ درصد MgO هستند. شکل 11b نشان می دهد که افزودن ۰/۶ گرم پودر CaSi به ۲۸۰ گرم فولاد منجر به اصلاح آخال های  $MgO.Al_2O_3$  به آخال های مذاب  $MgO.Al_2O_3$  شده است. اما این میزان CaSi برای اصلاح کل آخال های  $MgO.Al_2O_3$  به حالت مذاب کافی نبوده است. شکل ۱۲ نشان می دهد که بدون افزودن کلسیم، آخال ها شکل نامنظمی دارند اما پس از افزودن کلسیم به دلیل ذوب شدن آخال ها و وجود اثر کشش سطحی، اکثر آخال ها کروی شده اند. اندازه آخال ها کمتر از ۵ mm است ولی در نمونه های اصلاح شده با کلسیم اندازه آخال ها کمی بزرگتر شده است (شکل ۱۳).

#### اصلاح آخال های $MgO.Al_2O_3$ با استفاده از کلسیم:

بررسی اصلاح آخال های  $MgO.Al_2O_3$  با استفاده از کلسیم در مقیاس آزمایشگاهی:

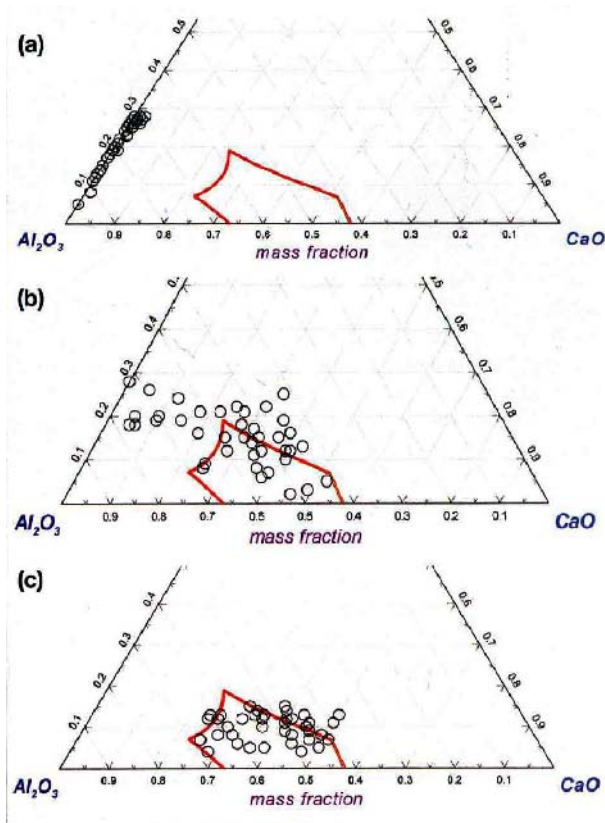
برای این منظور از یک کوره القایی خلاء ۶ کیلویی جهت ذوب مجدد نمونه های فولادی 30CrMo استفاده شد. همچنین از یک کوره مقاومتی عمودی Si-Mo برای عملیات افزودن کلسیم بهره گرفته شد. روش های آزمایش به صورت زیر بود:  
- ذوب ۲۸۰ گرم نمونه فولادی (با ترکیب شیمیایی ارائه شده در جدول ۱) در بوته MgO در دمای 1873 K تحت اتمسفر آرگون.  
- افزودن ۰/۳ گرم سیم آلومینیومی به داخل مذاب فولاد برای اکسیژن زدایی.

- پس از ۵ دقیقه افزودن ۲/۶ گرم پودر MgSi به مذاب فولاد جهت تولید آخال های  $MgO.Al_2O_3$

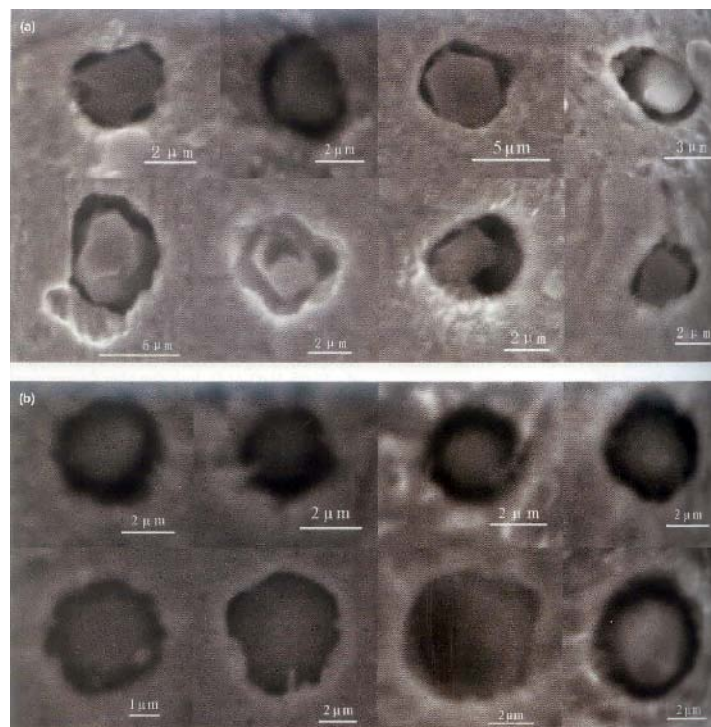
- پس از ۱۰ دقیقه افزودن مقدار معینی از پودر CaSi جهت اصلاح آخال های  $MgO.Al_2O_3$

برای مورد ۱، هیچ مقدار پودر CaSi اضافه نشد؛ برای مورد ۲، ۰/۶ گرم CaSi اضافه شد و برای مورد ۳، یک گرم CaSi اضافه شد. هر مورد یک بار تکرار شد. در هر مرحله نمونه های فولادی در لوله های کوارتز به عمل آمد و ترکیب شیمیایی و آخال ها در نمونه های فولادی آنالیز گردید. ترکیب شیمیایی



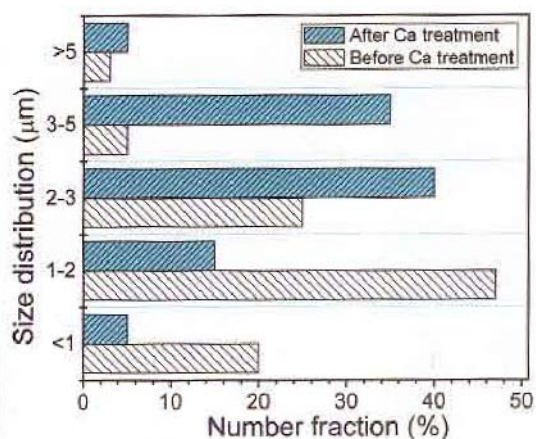


شکل ۱۱. ترکیب شیمیایی آخال‌ها در نمونه‌های فولادی: (a) مورد ۱: بدون افزودن پودر CaSi، (b) مورد ۲: افزودن ۰/۶ گرم پودر CaSi و (c) مورد ۳: افزودن یک گرم پودر CaSi.



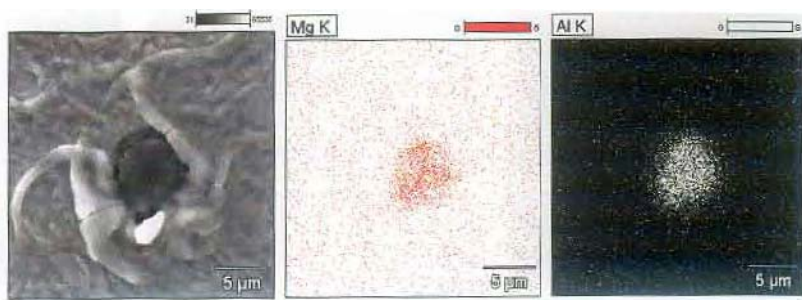
شکل ۱۲. مورفولوژی آخال‌ها: (a) قبل از استفاده از CaSi (مورد ۱) و (b) پس از استفاده از CaSi (مورد ۲).

می‌دهد که آخال  $MgO \cdot Al_2O_3$  خالص، غیر کروی است. شکل ۱۵ آنالیز عنصری یک آخال  $MgO \cdot Al_2O_3$  به اندازه ۳۵ mm را پس از افزودن کلسیم نشان می‌دهد. مطابق شکل: (۱) در ناحیه‌ای که CaO وجود دارد، هیچ مقدار MgO تشکیل نشده است. (۲) CaO در لایه بیرونی آخال باقی مانده است و حدود یک چهارم قطر کل آخال را شامل می‌شود. (۳)  $MgO$  در هسته آخال وجود دارد. (۴)  $Al_2O_3$  در سرتاسر آخال توزیع شده است ولی مقدار بیشتری از آن در هسته کنار  $MgO$  قرار دارد. اکثر آخال‌ها پس از افزودن کلسیم همین توزیع را برای  $MgO$ ،  $Al_2O_3$  و CaO نشان می‌دهند. شکل ۱۶، آخال  $MgO \cdot Al_2O_3 \cdot CaS$  را پس از افزودن کلسیم نشان می‌دهد. مطابق شکل: (۱) آخال‌های اسپینلی  $MgO \cdot Al_2O_3$  با محتوی CaS کروی نیستند ولی نسبتاً شکل غیر منظم خودشان را حفظ کرده‌اند؛ (۲)  $MgO$  و  $Al_2O_3$  در هسته آخال‌ها قرار دارند و CaS در لایه بیرونی قرار گرفته است.

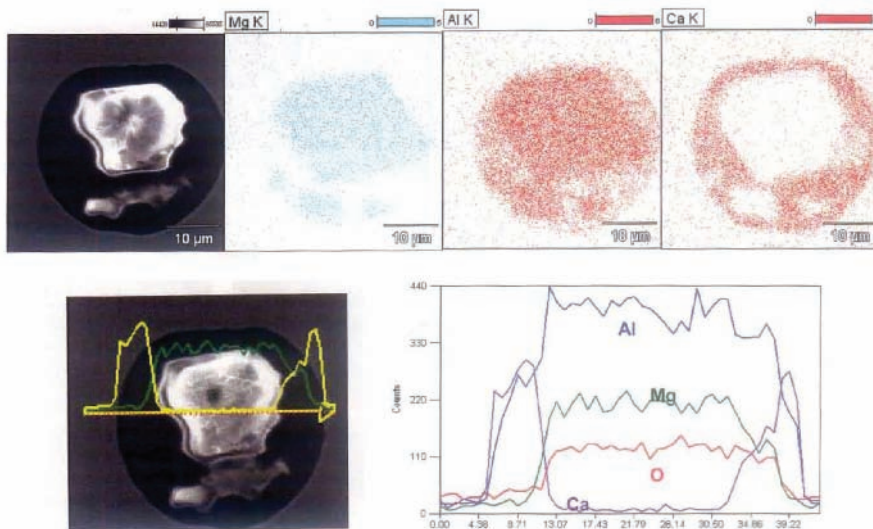


شکل ۱۳. توزیع اندازه آخال‌ها قبل و پس از استفاده از CaSi.

در شکل ۱۴ آنالیز عنصری<sup>۷</sup> و توزیع  $MgO$  و  $Al_2O_3$  در سطح مقطع یک آخال  $MgO \cdot Al_2O_3$  به اندازه ۵ میکرومتر را قبل از افزودن کلسیم نشان می‌دهد. این شکل همچنین نشان



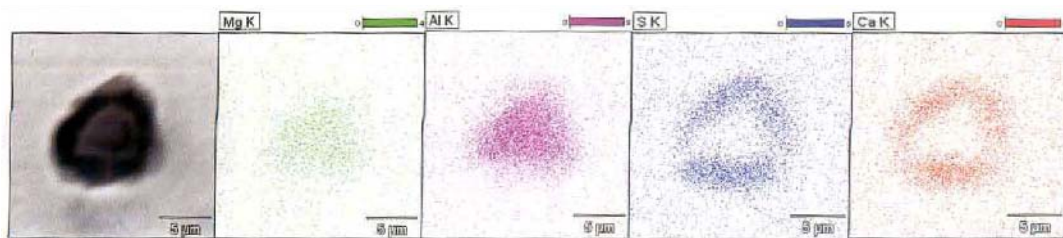
شکل ۱۴. آنالیز عنصری آخال  $MgO \cdot Al_2O_3$  قبل از اصلاح به وسیله کلسیم.



شکل ۱۵. آنالیز عنصری آخال  $MgO \cdot Al_2O_3$  پس از اصلاح به وسیله کلسیم.

<sup>7</sup> Map





شکل ۱۶. آنالیز عنصری آخال  $MgO-Al_2O_3-CaS$  پس از اصلاح به وسیله کلسیم.

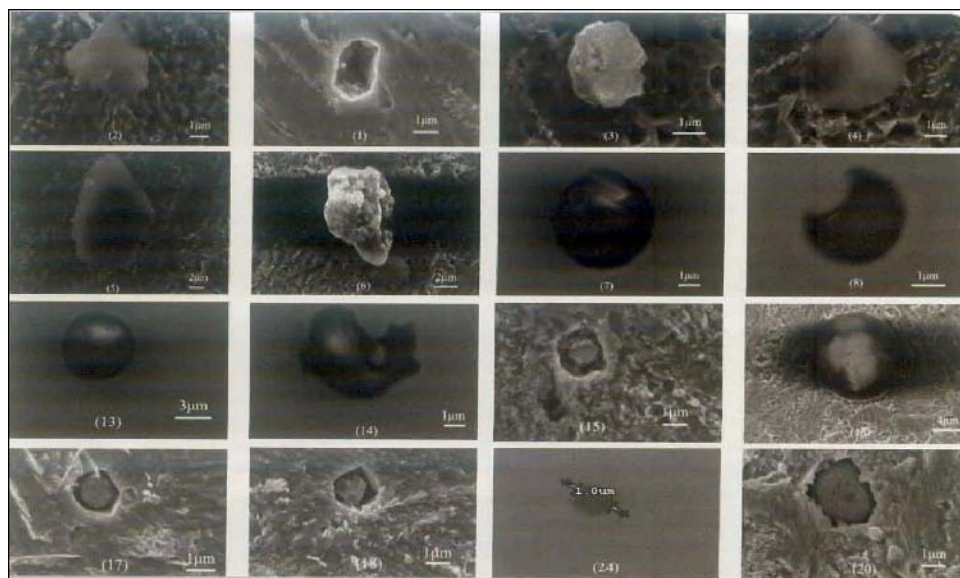
پس از شروع عملیات اصلاح در LF به مذاب فولاد اضافه گردید. پس از ۳۰ دقیقه عملیات در LF، ۶۰ کیلوگرم سیم Al، ۵۶ کیلوگرم FeMn، ۱۱۳ کیلوگرم FeMo و ۱۸۰ کیلوگرم FeCr جهت تنظیم ترکیب شیمیایی به مذاب فولاد اضافه شد. چهار عملیات ذوب در مقیاس صنعتی انجام شد. در حین نمونه برداری، نمونه‌ها از عمق ۳۰۰ میلی‌متری از سطح مذاب فولاد تهیه گردید. سپس آخال‌های موجود در نمونه‌های فولادی به وسیله میکروسکوپ الکترونی روبشی و EDS مشاهده و آنالیز گردید. شکل ۱۷ و ۱۸ مورفولوژی آخال‌ها در فولاد را قبل و پس از استفاده از کلسیم در کوره LF نشان می‌دهد. به وضوح می‌توان مشاهده کرد که بسیاری از آخال‌ها قبل از اصلاح به وسیله کلسیم غیر کروی بوده‌اند؛ در حالی که پس از اصلاح به وسیله کلسیم اکثر رسوبات به شکل کروی درآمده و اصلاح گردیده‌اند.

### اصلاح آخال‌های $MgO \cdot Al_2O_3$ با استفاده از کلسیم در مقیاس صنعتی:

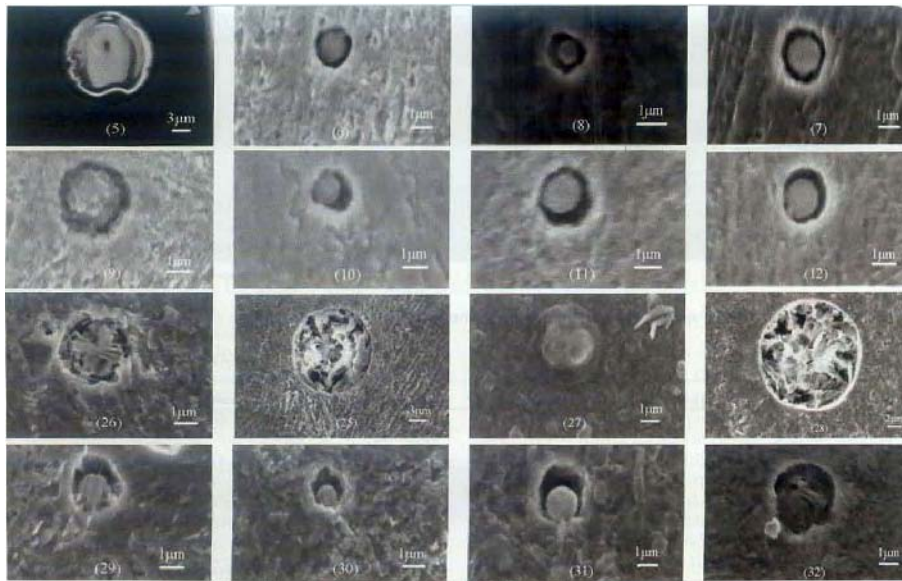
در مقیاس صنعتی ترکیب شیمیایی فولاد 30CrMo (درصد وزنی) به صورت زیر بود:

۰/۳ کربن - ۰/۲۲ کلسیم - ۰/۵۲ منگنز - ۰/۱۵ فسفر - ۰/۰۷ گوگرد - ۰/۱ مولیبدن - ۰/۲۰ آلومینیوم - ۰/۱۲ وانادیم - ۰/۰۷ مس و ۰/۹۴ کرم.

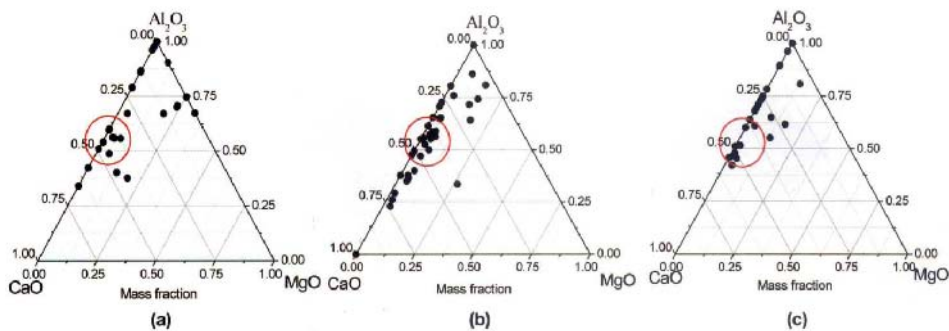
روش تولید به صورت بدین صورت بوده است: قراضه + آهن احیا مستقیم شده + فلز داغ - کوره قوس الکتریکی ۱۰۰ تن - کوره پاتیلی (LF) ۱۰۰ تن - گاز زدایی در خلاء (VD) - ریخته‌گری پیوسته بیلت ۲۱۰ mm بعلاوه افزودن CaSi. زمان اصلاح در کوره پاتیلی حدود ۶۰ دقیقه و در VD حدود ۴۰ دقیقه بود. در حین تخلیه، ۳۰۰ کیلوگرم Al، ۸۰۰ کیلوگرم SiMn و ۴۰۰ کیلوگرم FeMn جهت اکسیژن زدایی به مذاب فولاد اضافه گردید. سپس ۲۰۰ کیلوگرم سیم Casi، ۲ دقیقه



شکل ۱۷. مورفولوژی آخال‌ها در فولاد قبل از اصلاح به وسیله کلسیم.



شکل ۱۸. مورفولوژی آخال‌ها در فولاد پس از اصلاح به وسیله کلسیم.

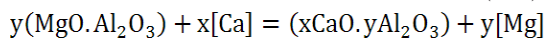


شکل ۱۹. ترکیب شیمیایی آخال‌ها: (a) قبل از اصلاح، (b) ۳۰ دقیقه پس از افزودن سیم کلسیمی و (c) ۳۰ دقیقه پس از افزودن آلومینیم و ۶۰ دقیقه پس از افزودن کلسیم.

#### مکانیزم اصلاح $MgO.Al_2O_3$ با استفاده از کلسیم:

بر اساس آنالیز ترمودینامیکی و مشاهدات آزمایشگاهی می‌توان مکانیزم اصلاح  $MgO.Al_2O_3$  را به صورت زیر مرحله بندی کرد: مرحله ۱: حذف  $MgO$  از ترکیب آخال، حل شدن  $Ca$  در فولاد- اسپینل  $MgO.Al_2O_3$  با شکل نامنظم به صورت زیر با  $Ca$  حل شده واکنش می‌دهد.

$$(R. 9)$$

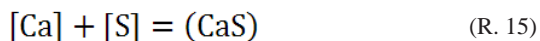


در این مرحله منیزیم حل شده در آخال به وسیله کلسیم حل شده در فولاد جایگزین می‌شود و منجر به تولید منیزیم حل شده می‌گردد. این منیزیم در فولاد مذاب حل می‌شود. تدریجاً یک لایه نازک از  $xCaO.yAl_2O_3$  در لایه خارجی آخال تشکیل می‌شود و هسته  $MgO.Al_2O_3$  آخال شروع به انقباض می‌کند.

آنالیز آخال‌ها بر روی دی‌گرام سه تایی  $CaO-MgO-Al_2O_3$  در شکل ۱۹ نشان داده شده است. آخال‌های شناسایی شده اساساً شامل آخال  $Al_2O_3$  خالص، اسپینل  $MgO.Al_2O_3$ ، آخال‌های  $CaO.Al_2O_3$  و آخال‌های کمپلکس  $MgO.Al_2O_3$  بوده‌اند. قبل از عملیات اصلاح در LF، غالب آخال‌ها  $CaO$  و  $Al_2O_3$  بوده‌اند. پس از عملیات اصلاح به وسیله سیم کلسیمی، آخال‌های اسپینلی  $MgO.Al_2O_3$  خالص ناپدید شده‌اند و محتوی  $CaO$  در آخال‌ها افزایش و محتوی  $MgO$  کاهش یافته است. ترکیب شیمیایی متوسط آخال‌ها  $51/48$  درصد  $Al_2O_3$ ،  $3/69$  درصد  $MgO$  و  $44/51$  درصد  $CaO$  است. در انتهای عملیات LF و پس از افزودن  $Al$ ، محتوی  $CaO$  در آخال‌ها کاهش یافته است. محتوی  $MgO$  نیز با افزایش زمان در حین اصلاح در LF کاهش یافته است.

داده شده است.

مرحله ۲: ایجاد لایه  $CaO-CaS$  جامد در سطح خارجی آخال اسپینلی در صورتی که میزان گوگرد موضعی در اطراف آخال زیاد باشد. اگر گوگرد موضعی در مذاب فولاد به اندازه کافی بالا باشد، واکنش ۱۵ رخ می‌دهد. همچنین در حین سرد شدن و فرایند انجماد، گوگرد راسب شده و کلسیم حل شده با یکدیگر واکنش داده و آخال  $CaS$  را تولید می‌کند. آخال‌های  $CaS$  در سطح آخال‌های  $MgO.Al_2O_3$  رسوب می‌کنند. چون  $CaS$  در دمای فولاد مذاب جامد است، تغییری در شکل نامنظم آخال  $MgO.Al_2O_3$  به وجود نمی‌آورد. بنابراین هیچ اثر اصلاحی از این مکانیزم نمی‌توان مشاهده کرد. مثالی از این نوع مکانیزم اصلاح در شکل ۱۶ نشان داده شده است.

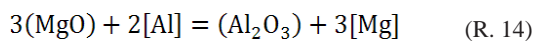
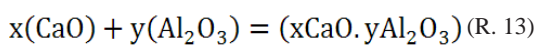
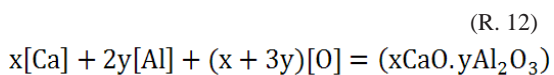
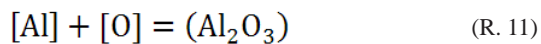
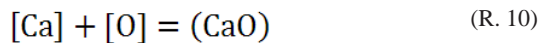


بنابراین اصلاح آخال‌های اسپینلی  $MgO.Al_2O_3$  به وسیله کلسیم تنها تا حدودی منجر به اصلاح این آخال‌ها می‌شود و مکانیزم اصلاح شامل جایگزین شدن  $MgO$  توسط  $CaO$  و در نتیجه حل شدن منیزیم در مذاب فولاد و ایجاد یک پوشش مذاب جدید ( $xCaO.yAl_2O_3$ ) بر روی لایه خارجی آخال می‌باشد. بنابراین اندازه آخال‌های  $MgO.Al_2O_3$  بعد از افزودن کلسیم می‌بایست بزرگ‌تر از حالتی باشد که از کلسیم استفاده نشود. این موضوع در شکل ۱۳ تأیید می‌شود. به هر صورت، هسته آخال اسپینلی همواره  $MgO.Al_2O_3$  خالص می‌باشد چه با افزودن کلسیم و چه بدون افزودن کلسیم. زیرا هسته آخال اسپینلی در هیچ یک از واکنش‌ها دخالتی ندارد.

این موضوع در شکل‌های ۱۶-۱۴ و ۲۰ نشان داده شده است. چون آخال‌های  $MgO.Al_2O_3$  در دمای فولاد مذاب جامد هستند، هسته آخال‌های اسپینلی همواره جامد است، چه کلسیم اضافه شود چه نشود. به همین دلیل آخال  $MgO.Al_2O_3$  به درستی اصلاح نمی‌شود و به وسیله یک لایه مذاب پوشیده می‌شود. ولی این نوع اصلاح شکل آخال‌های  $MgO.Al_2O_3$  تأثیری بر رفتار شمش ریخته‌گری در فرایند نورد بعدی ندارد. زیر این رسوبات به دلیل نقطه ذوب بسیار بال ( $2135^\circ C$ ) و سختی زیادشان  $HV=2100-2400 \text{ Kg/mm}^2$  تأثیر مخربی بر فرآیند نورد دارند. بنابراین باید تلاش کرد که بجای اصلاح رسوبات  $MgO.Al_2O_3$  به وسیله کلسیم، به دنبال روشی بود که آن‌ها را

در حقیقت در این مرحله محتوی منیزیم فولاد مذاب پس از افزودن کلسیم افزایش می‌یابد.

در این مرحله امکان وقوع واکنش‌های زیر وجود دارد:



واکنش ۹ واکنش غالب در طول این مرحله است.  $[Al]$  و  $[Ca]$ ، آلومینیوم و کلسیم حل شده در مذاب فولاد هستند. در تحقیق حاضر ۳۰۰ کیلوگرم سیم آلومینیوم قبل از افزودن کلسیم به مذاب فولاد اضافه شد و ۶۰ کیلوگرم سیم آلومینیوم پس از افزودن کلسیم اضافه شد. بنابراین غلظت آلومینیوم حل شده به اندازه کافی برای وقوع این واکنش‌ها بالا است. بدین صورت  $Al_2O_3$  آخال راسب شده جدید است که بیشترین غلظت را در مذاب فولاد خواهد داشت.

مرحله دوم: ایجاد لایه مذاب ( $xCaO.yAl_2O_3$ ) در سطح خارجی آخال اسپینلی:

وقتی لایه نازک ( $xCaO.yAl_2O_3$ ) در سطح خارجی آخال ضخیم‌تر و ضخیم‌تر می‌شود، نفوذ  $[Mg]$  تازه شکل گرفته از داخل رسوب به مذاب فولاد (عبور از لایه خارجی) آهسته‌تر می‌شود. در نتیجه واکنش‌های ۱۰ تا ۱۳ واکنش‌های غالب فرایند می‌شوند. این واکنش‌ها منجر به رسوب یک لایه ( $xCaO.yAl_2O_3$ ) در لایه خارجی آخال اسپینلی می‌شود. اگر ( $xCaO.yAl_2O_3$ ) مذاب باشد، برای مثال ( $12CaO.7Al_2O_3$ ) در نتیجه لایه خارجی‌تر ( $xCaO.yAl_2O_3$ ) سرتاسر شکل نامنظم آخال را پوشش داده و به دلیل نیروی کشش سطحی فاز مذاب ( $xCaO.yAl_2O_3$ ) منجر به کروی شدن آن‌ها می‌شود. ضخامت لایه خارجی‌تر ( $xCaO.yAl_2O_3$ ) تقریباً یک چهارم قطر نهایی آخال است. مثالی از این نوع مکانیزم اصلاح در شکل ۱۵ نشان



حذف کرد. نتایج پژوهش حاضر با نتایج دیگر پژوهشگرانی متفاوت است. در پژوهش‌های قبلی فرض شده است که با افزودن کلسیم به فولاد و واکنش آن با آخال  $MgO \cdot Al_2O_3$  فاز مذاب یکنواختی با ترکیب  $CaO \cdot MgO \cdot Al_2O_3$  به وجود می‌آید. در این پژوهش پس از افزودن کلسیم هیچ فاز مذاب یکنواخت  $CaO \cdot MgO \cdot Al_2O_3$  در هیچ کجای سطح مقطع آخال اسپینلی مشاهده نشد.

تعداد آخال‌های  $MgO \cdot Al_2O_3$  در یک کیلوگرم فولاد (n) برابر است با:

$$O_1 = \frac{\pi}{6} (5 \times 10^{-6} m)^3 \cdot (3,500 kg/m^3) \cdot \left( \frac{4M_O}{M_{MgO \cdot Al_2O_3}} \right) = 1.0319 \times 10^{-13} kg \quad (Eq. 14)$$

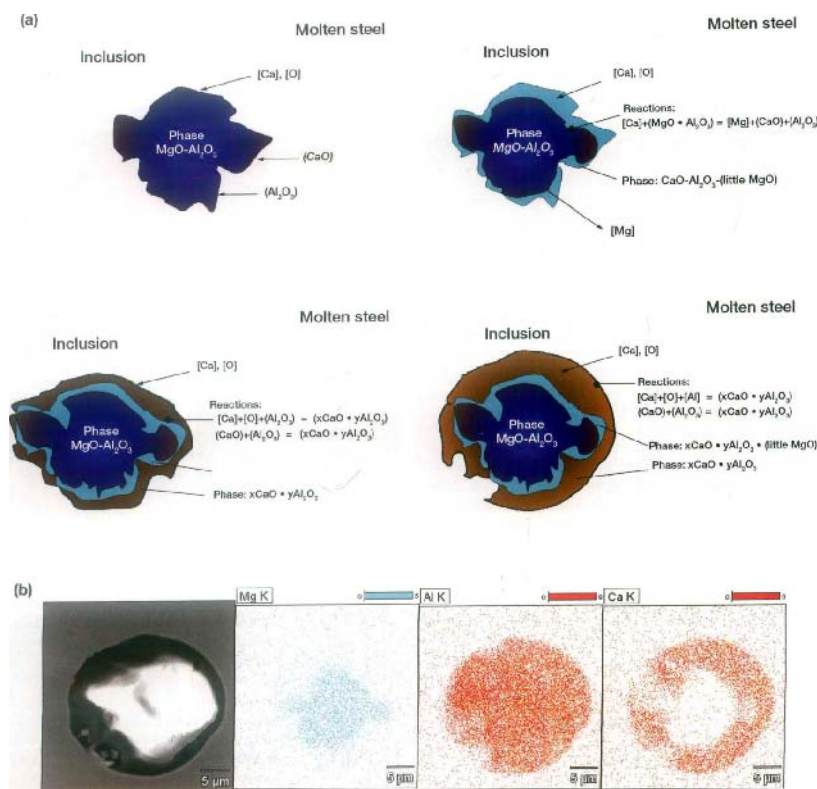
$$n = \frac{O_a}{O_1} = \frac{21 \times 10^{-6} kg}{1.03 \times 10^{-13} kg} = 2.035 \times 10^8 \quad (Eq. 15)$$

اندازه گیری منیزیم حل شده در فولاد نشان می‌دهد که افزایش مقدار منیزیم پس از افزودن کلسیم تقریباً ۱/۵ ppm است که به واسطه وقوع واکنش ۹ می‌باشد. بنابراین میزان کلسیم در یک آخال بر اساس واکنش ۹ برابر است با:

$$\Delta Ca = \frac{(1.5 ppm) \frac{M_{Ca}}{M_{Mg}} \times 10^{-6} \times 1 kg}{n} = 1.227 \times 10^{-14} kg \quad (Eq. 16)$$

بر اساس نتایج بدست آمده در جدول ۴ قبل از افزودن کلسیم، متوسط اکسیژن کل ۲۲ ppm و اکسیژن حل شده ۱ ppm است. بنابراین قبل از افزودن کلسیم، محتوی اکسیژن در آخال برابر ۲۱ ppm است. در این مورد، مقدار اکسیژن در یک کیلوگرم فولاد برابر  $21 \times 10^{-6}$  کیلوگرم است.

فرض می‌شود که همه آخال‌ها  $MgO \cdot Al_2O_3$  هستند. مطابق مشاهدات SEM در پژوهش حاضر، اندازه متوسط آخال‌های



شکل ۲۰. مراحل اصلاح آخال‌های پایه  $MgO \cdot Al_2O_3$  به وسیله کلسیم: (a) شماتیک مراحل اصلاح آخال‌های  $MgO \cdot Al_2O_3$  و (b) آنالیز SEM-EDS آخال  $CaO \cdot MgO \cdot Al_2O_3$

و اصلاح آخال‌های اسپینلی  $MgO \cdot Al_2O_3$  در فولادهای آلیاژی مورد بررسی قرار گرفته است. نتیجه شد که منیزیم حل شده و آلومینیوم حل شده، بازیسته سرباره و محتوی  $Al_2O_3$  در سرباره و محتوی  $Al_2O_3$  و  $MgO$  در جداره نسوز تأثیر بسزایی روی تشکیل آخال‌های  $MgO \cdot Al_2O_3 \cdot CaO$  دارند.

پس از افزودن کلسیم آخال‌های  $MgO \cdot Al_2O_3 \cdot CaO$  کروی شکل با اندازه متوسط 5 mm و شامل ساختار دولایه‌ای بود. یک لایه  $Al_2O_3 \cdot CaO$  خارجی و یک هسته  $MgO \cdot Al_2O_3$ . به طور تخمینی نتیجه شد که پس از افزودن کلسیم، 20 درصد ترکیب  $CaO$  موجود در آخال‌ها به واسطه واکنش جایگزینی بین  $[Ca]$  محلول در مذاب فولاد و  $(MgO)$  موجود در آخال و 80 درصد مابقی در اثر انتقال مستقیم  $[Ca]$  یا  $(CaO)$  از فولاد مذاب به آخال به وجود آمده است.

نتیجه اصلی پژوهش حاضر عبارت است از اینکه اصلاح آخال‌های اسپینلی  $MgO \cdot Al_2O_3$  به وسیله کلسیم شامل دو مرحله است: (1) جایگزینی  $MgO$  در آخال به وسیله کلسیم محلول در فولاد؛ (2) ایجاد یک لایه مذاب  $(xCaO \cdot yAl_2O_3)$  در سطح خارجی آخال اسپینلی. در واقع افزودن کلسیم منجر به اصلاح واقعی آخال‌های  $MgO \cdot Al_2O_3$  نمی‌شود ولی جایگزینی نسبی  $MgO$  موجود در آخال به وسیله  $CaO$ ، باعث حل شدن منیزیم در فولاد مذاب و تشکیل لایه مذاب خارجی  $xCaO \cdot yAl_2O_3$  می‌شود. هسته آخال اسپینلی کماکان فاز  $MgO \cdot Al_2O_3$  خالص است؛ چه کلسیم اضافه شود و چه نشود. زیرا هسته آخال در هیچ واکنشی شرکت نمی‌کند. این نوع اصلاح کردن تنها باعث اصلاح و کنترل شکل  $MgO \cdot Al_2O_3$  می‌شود. اصلاح جدی زمانی است که این آخال‌ها از فولاد مذاب حذف گردند.

همچنین بر طبق آنالیز SEM-EDS آخال‌ها، محتوی متوسط  $CaO$  در آخال‌ها پس از افزودن کلسیم برابر 37/5 درصد است. بنابراین کسر متوسط کلسیم در آخال‌ها برابر است با

$$(Eq. 17) \quad \left( \frac{M_{Ca}}{M_{Mg}} \right) = 26.78\% \quad (37.5\%)$$

برای یک آخال، مقدار کلسیم در یک آخال  $(C_{Ca-1})$  برابر است با:

$$(Eq. 18) \quad C_{Ca-1} = \frac{\pi}{6} (5.0 \times 10^{-6} m)^3 \times 3500 (kg/m^3) \times 26.78\% = 6.131 \times 10^{-14} kg$$

مقایسه معادلات 18 و 16 نشان می‌دهد که مقدار کلسیم در آخال‌ها بیشتر از مقدار کلسیم تولید شده به واسطه واکنش 9 می‌باشد. در نتیجه منابع دیگری برای افزایش کلسیم در آخال نیز می‌بایست وجود داشته باشد؛ مانند واکنش‌های 10-13. به طور کمی 20 درصد کلسیم موجود در آخال از واکنش 9 و 80 درصد از آن به وسیله واکنش‌های 18-16 در آخال جایگزین شده است.

بنابراین، اصلاح آخال‌های  $MgO \cdot Al_2O_3$  به وسیله کلسیم همان‌گونه که در بالا بحث شد، شامل دو مرحله می‌باشد: مرحله 1: جایگزینی  $MgO$  در آخال به وسیله کلسیم محلول در فولاد.

مرحله 2: ایجاد لایه مذاب  $(xCaO \cdot yAl_2O_3)$  در سطح خارجی آخال اسپینلی.

### جمع بندی

در پژوهش حاضر به وسیله محاسبات ترمودینامیکی، آزمایش‌های تجربی و آزمایش در مقیاس صنعتی، نحوه تشکیل

## اثر کربن بر روی ریز ساختار یک فولاد نسوز\*

ترجمه و تدوین: علی رضا تحویلان<sup>۱</sup>

### چکیده

اثر کربن بر ریز ساختار فولاد نسوز اصلاح شده با نیوبیم (Ni<sub>3</sub>Cr<sub>2</sub>Nb) با میزان کربن ۰/۳۵-۰/۴۴-۰/۵۶-۰/۶۲ wt% مورد آزمایش قرار گرفت. در حالت ریخته گری، آلیاژها هم حاوی Cr<sub>7</sub>C<sub>3</sub> یوتکتیک و هم حاوی NbC یوتکتیک هستند. به محض پیرسازی کاربید M<sub>23</sub>C<sub>6</sub> بر روی آستنیت فوق اشباع رسوب گذاری می کند. توزیع کاربیدهای Cr<sub>23</sub>C<sub>6</sub> در آلیاژهای حاوی ۰/۴۴ یا ۰/۵۶ wt% کربن نسبت به آلیاژهای حاوی ۰/۳۵ یا ۰/۶۲ wt% کربن بهتر و یکنواخت تر است.

میزان کاربید Cr<sub>7</sub>C<sub>3</sub> یوتکتیک در مرز دانه و کاربید M<sub>23</sub>C<sub>6</sub> داخل دانه با افزایش میزان کربن افزایش می یابد. در این تحقیق رابطه بین ریزساختار خزش و استحکام کششی در دمای بالا مورد بحث قرار می گیرد. کلمات کلیدی: فولاد نسوز، رسوب گذاری، استحکام کششی

### مقدمه

فولادهای نسوز به صورت گسترده ای در تیوب مبدل در پالایشگاه مورد استفاده قرار می گیرد. مهم ترین فولاد مصرفی از نوع (Cr<sub>2</sub>Ni<sub>2</sub>-۰/۴C) HK40 با ساختار آستنیت فوق اشباع و کاربیدهای یوتکتیکی است. کاربیدهای ثانویه به محض شروع پیرسازی تشکیل می شوند و سبب ایجاد خواص خزشی خوب در فولاد می شوند. اخیراً با افزودن عناصری مثل Nb و Ti و یا Zr و ایجاد کاربید ریزساختار آلیاژ بهبود می یابد. تولید این کاربیدهای پیچیده و بسیار پایدار سبب بهبود داکتیلیته خزشی و استحکام خزشی می شود. کربن هم، یک عنصر ضروری در بهبود استحکام این فولادها است. هنگامی که میزان کربن کمتر از ۰/۲ wt% باشد، فولاد استحکام کافی ندارد. اما هنگامی که میزان کربن از ۰/۶ wt% تجاوز می کند و فولاد برای مدت زمان طولانی در دمای بالا قرار می گیرد، کاربیدها درشت شده و داکتیلیته کاهش می یابد.

میزان مطلوب کربن معمولاً بین ۰/۲-۰/۶wt% است. کاربیدها

با رسوب گذاری بر روی مرز دانه سبب تغییر استحکام می شوند. اثر استحکام بخشی M<sub>23</sub>C<sub>6</sub> بستگی به مورفولوژی رسوب دارد. هنگامی که کاربید M<sub>23</sub>C<sub>6</sub> در داخل دانه و در مرز دانه پراکنده می شود، بهتر خواص مکانیکی برای آلیاژ بدست می آید. اگر کاربید کروم رسوب گذاری شده، تشکیل فیلم پیوسته می دهد یک مسیر آسان شکست شکل می گیرد.

همچنین لغزش مرز دانه محدود می شود و منجر به تولید تنش فوق العاده زیادی می شود از طرف دیگر فقدان کاربید در مرز دانه می تواند منجر به شکست زود هنگام شود. بنابراین برای دستیابی به استحکام مطلوب و خواص مکانیکی مناسب توزیع مناسب کاربیدها در مرز دانه لازم است. توزیع کاربیدها به یک سری تنش نیاز دارد که بتواند لغزش مرز دانه را محدود کند. در حالتی که کاربیدها نسبتاً یکنواخت و کوچک باشند، به نظر می رسد بهترین خواص بدست می آید.

در این تحقیق ساختار و خواص مکانیکی دما بالا برای چهار نمونه HP-Nb آزمایشی و با ترکیب Ni<sub>3</sub>Cr<sub>2</sub>Nb حاوی ۰/۳۵-۰/۶۲ wt% کربن مورد آزمایش قرار می گیرد. آزمایشها هم در مورد حالت خام و هم بعد از پیرسازی در دمای ۹۵۰-۱۱۰۰°C انجام می گیرد.

### جزئیات آزمایش

مواد مورد استفاده از تیوبی که به روش گریز از مرکز تولید شده اند تهیه شدند. ترکیب شیمیایی این آلیاژها در جدول (۱) آمده است. تفاوت اصلی این چهار آلیاژ در میزان کربن است که در محدوده ۰/۳۵-۰/۶۲ wt% تغییر می کند. در حالی که

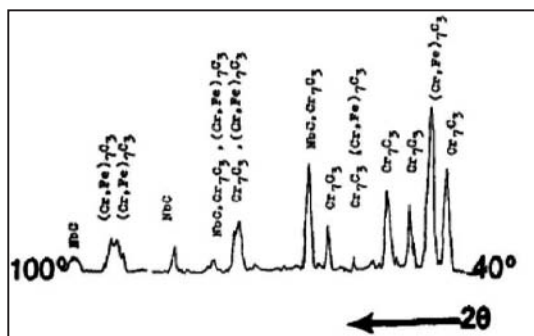
<sup>۱</sup> این متن ترجمه کاملی از مقاله ی زیر است؛

Frances Wang and Derek O. Northwood, "The Effect of Carbon Content on the Microstructure of an Experimental Heat-Resistant Steel" MATERIALS CHARACTERIZATION 31:3-10 (1993).

<sup>۱</sup> کارشناس ارشد مهندسی مواد، گرایش ریخته گری (Artmus2009@gmail.com)



تغییر در میزان کاربید یوتکتیک (کسر حجمی بر حسب wt/%) تابعی از میزان کربن است.



شکل ۱. طیف تفرق اشعه X رسوبات کاربید استخراج شده از فولاد HP-Nb در حالت خام

شکل ۳ و جدول ۲). نتایج در شکل‌های (۳ و ۲) نشان می‌دهند که هنگامی که میزان کربن افزایش می‌یابد، میزان کاربید یوتکتیک هم افزایش می‌یابد. قسمت عمده این افزایش مربوط به کاربید  $Cr_7C_3$  است، درحالی‌که میزان کاربید NbC اغلب بدون تغییر باقی می‌ماند. نیویوم کاربیدهای قوی‌تری نسبت به کرم تشکیل می‌دهد. هنگامی که واکنش یوتکتیکی انجام می‌شود، ترکیب نیویوم با کربن راحت‌تر از کرم صورت می‌گیرد. بنابراین هنگامی که میزان کربن پایین است، (مثلاً ۰/۳۵ wt%) NbC یوتکتیک ترکیب اصلی کاربیدهای یوتکتیک است.

جدول ۱. ترکیب شیمیایی فولادهای HP-Nb مورد آزمایش

Identification no.	Chemical composition (wt. %)								
	C	Si	Mn	P	S	Cr	Ni	Nb	Mo
4	0.35	0.84	0.79	0.013	0.008	25.05	35.70	0.89	0.082
7	0.44	0.76	0.60	0.019	0.009	24.31	34.28	0.93	0.080
3	0.56	0.88	1.02	0.013	0.003	24.83	35.43	1.05	0.080
11	0.62	1.29	0.89	0.019	0.006	24.71	34.95	0.93	0.090

جدول ۲. میزان کاربیدهای یوتکتیک در آلیاژ در حالت ریختگی

Alloy no.	Carbon content (wt. %)	Carbide content (wt. %)		
		$Cr_7C_3$	NbC ( $Cr_7C_3 + NbC$ )	
4	0.35	1.50	0.74	2.24
7	0.44	2.00	0.78	2.78
3	0.56	2.80	0.80	3.60
11	0.62	3.20	0.80	4.00

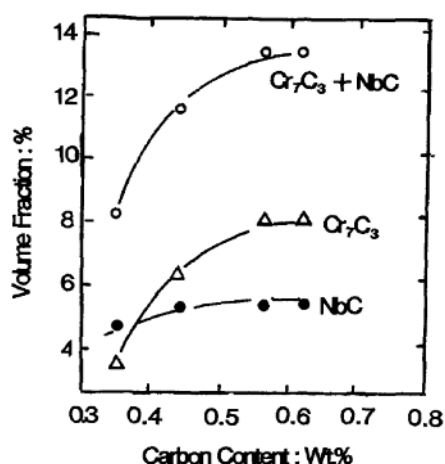
میزان نیویوم آلیاژها تقریباً ثابت و برابر ۱ wt% است. نمونه‌ها در حالت خام و نیز در شرایط دمایی  $950^\circ C$  که به مدت ۱۰۰۰-۵۰۰-۲۰۰-۱۰۰ ساعت و یا  $1100^\circ C$  برای ۱۰۰-۲۰۰-۱۰۰ ساعت پیرسازی شدند، مورد آزمایش قرار گرفتند. روش‌های برش و پولیش استاندارد برای تهیه نمونه‌ها مورد استفاده قرار گرفت. اچ الکترولیتی در محلول 5ml-HF, 20ml-40% HNO<sub>3</sub> انجام شد. ولتاژ مورد استفاده ۱۲-۸ به مدت ۱۵-۲۰ s است. روش سنجش شبکه ای برای تعیین کمی  $Cr_7C_3$ ,  $M_{23}C_6$ , NbC مورد استفاده قرار گرفت. آزمایش خزش و خزش-گسیختگی در حالت تک محوری و بار کششی ثابت انجام شد. میزان خزش به وسیله طول سنجی که بر روی نمونه‌ها وصل شده بود اندازه گیری شد.

## نتایج آزمایش

ریزساختار

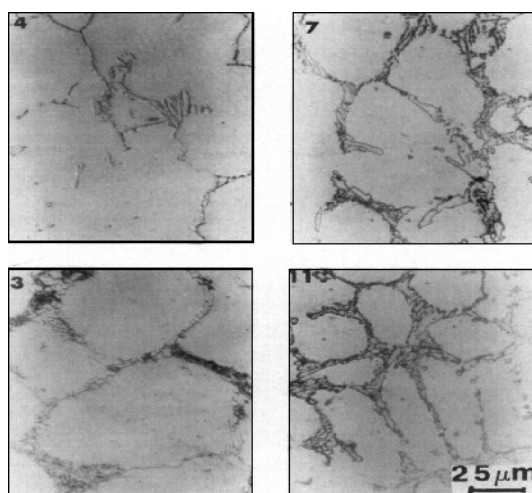
شکل (۱) تفرق اشعه x این نمونه‌ها را نشان می‌دهد. در هر چهار آلیاژ کاربیدها، مخلوطی از NbC یوتکتیک،  $M_7C_3$  هستند. میکروگراف نوری هر چهار آلیاژ در حالت خام در شکل (۲) نشان داده شده است. کاربیدهای اسکلتی، کاربید  $Cr_7C_3$  یوتکتیکی هستند و کاربیدهای بلوکی NbC هستند. هر کاربید، ناحیه یوتکتیکی مجزایی دارد. (همه آن‌ها تمایل به تمرکز درجایی دارند که هم NbC وجود دارد و هم  $Cr_7C_3$ ).

کاربید کرم  $Cr_7C_3$  در آلیاژ ۳ سریع‌تر از آلیاژ ۷ درشت می‌شود، چون آلیاژ ۳ حاوی میزان بیشتری کربن است. کاربیدهای ثانویه  $Cr_7C_3$  ابتدا در امتداد کاربیدهای یوتکتیکی رسوب گذاری می‌کنند، سپس سراسر دانه را در بر می‌گیرند. هنگامی که میزان کربن افزایش می‌یابد، شکل گیری  $Cr_7C_3$  سریع‌تر می‌شود و نرخ رشد آن‌ها زیادتر می‌شود. بعد از گذشت ۲۰۰ ساعت پیرسازی کاربیدهای  $Cr_7C_3$  یوتکتیکی به آرامی تغییر می‌کنند و مورفولوژی (Broken Chine) پیدامی‌کنند و میزان درشت شدن  $Cr_7C_3$  به آسانی قابل رویت خواهد بود.

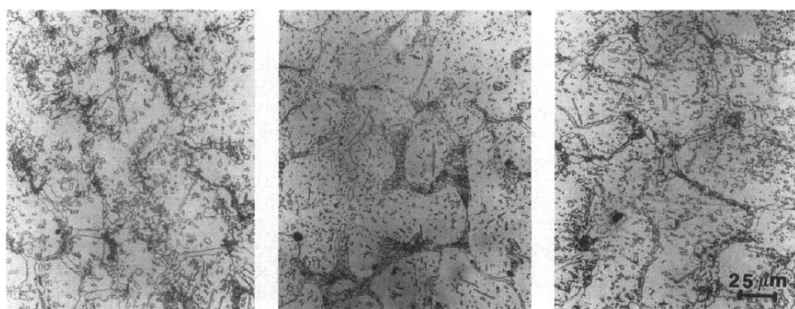


شکل ۳. تغییرات کسر حجمی کاربیدهای یوتکتیکی  $Cr_7C_3$  و  $NbC$  بر حسب درصد کربن در حالت خام

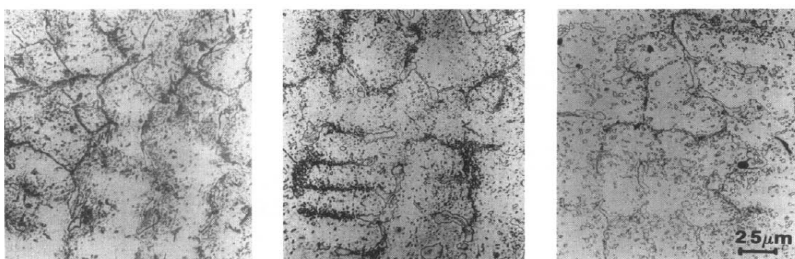
هنگامی که میزان کربن افزایش می‌یابد ابتدا  $NbC$  زیاد می‌شود، در ادامه کاربیدهای  $Cr_7C_3$  نیز افزایش می‌یابد. به صورتی که در این حالت ترکیب اصلی کاربیدهای  $Cr_7C_3$  خواهد بود. ریزساختار آلیاژی ۳ و ۷ که در دمای  $1100^\circ C$  پیرسازی شده‌اند و ریز ساختارشان با گذشت زمان تغییر یافته، در شکل‌های (۴ و ۵) نشان داده شده است. کاربید  $NbC$  پایداری خوبی دارد و به نظر می‌رسد در طول پیرسازی بدون تغییر می‌ماند.



شکل ۲. میکروگراف‌های نوری از چهار آلیاژ در حالت خام



شکل ۴. میکروگراف نوری آلیاژ ۳ بعد از پیرسازی در دمای  $1100^\circ C$  به مدت ۱۰ و ۱۰۰ و ۲۰۰ ساعت.



شکل ۵. میکروگراف نوری آلیاژ ۷ تحت شرایط پیرسازی در دمای  $1100^\circ C$  به مدت ۱۰-۱۰۰-۲۰۰ ساعت.

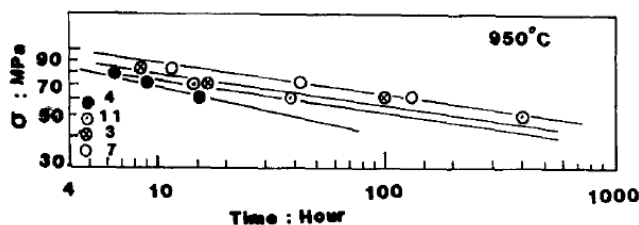
### خواص مکانیکی

آلیاژ ۴ بیشترین نرخ خزشی را دارد. روند کلی به این صورت است که با افزایش میزان کربن نرخ خزشی کاهش می‌یابد. سختی و یکپارگی برای تمامی آلیاژها در حالت خام و در حالت پیرسازی برای ۲۰۰-۱۰ ساعت در دمای ۱۱۰۰°C انجام گرفت، که داده‌های مربوط به این سختی سنجی در جدول (۴) آورده شده است. با مشاهده داده‌های مربوط به سختی می‌توان نتیجه گرفت که در حالت خام با افزایش میزان کربن و به دنبال آن افزایش میزان کاربیدهای یوتکتیکی سختی افزایش می‌یابد. پیرسازی آلیاژهای خام و رسوب کاربیدهای ثانویه (Cr<sub>23</sub>C<sub>6</sub>) سبب افزایش سختی به ماکزیمم حالت در دمای ۱۱۰۰°C و به مدت ۱۰۰ ساعت می‌شود. این افزایش سختی برای آلیاژ ۳ بیشتر از آلیاژ ۷ است.

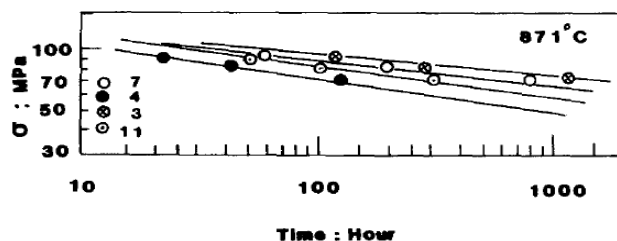
خواص گسیختگی - خزش چهار آلیاژ در اشکال (۷ و ۶) در دمای ۸۷۰°C و ۹۵۰°C به ترتیب نشان داده شده است. برای مقایسه آلیاژ ۳ و ۷ (آلیاژهایی با مقدار کربن متوسط) از منحنی لارسون - میلر استفاده گردیده است. (شکل ۸). داکتیلیته گسیختگی - خزش چهار آلیاژ در ۸۷۰°C و ۹۵۰°C تحت تنش‌های عملی متعددی بررسی و نتایج آن در جدول (۳) خلاصه شده است. بررسی نتایج جدول (۳) نشان می‌دهد که بیشترین داکتیلیته گسیختگی - خزش زمانی بدست می‌آید که میزان کربن ما بین ۰/۴۵-۰/۵۶ wt% باشد. تغییر نرخ خزشی با زمان در تنش اعمالی ۷۰ MPa و دمای ۹۵۰°C برای آلیاژهای ۳ و ۴ و ۱۱ در شکل (۹) آورده شده است. آلیاژ ۳ کمترین و

جدول ۳. داکتیلیته خزش-گسیختگی برای چهار آلیاژ در دمای ۸۷۰°C و ۹۵۰°C

Alloy no.	Creep-rupture ductility (%)					
	870°C			950°C		
	70 MPa	80 MPa	90 MPa	60 MPa	70 MPa	80 MPa
4	6.5	11.7	12.9	14.6	10.6	14.0
7	50.8	21.8	17.3	25.7	17.9	25.5
3	32.7	19.8	19.4	16.0	19.7	25.5
11	21.0	22.2	7.3	13.0	16.2	14.1



شکل ۶. استحکام خزش-گسیختگی در دمای ۸۷۰°C برای آلیاژهای ۳-۴-۷-۱۱



شکل ۷. استحکام خزش-گسیختگی در دمای ۹۵۰°C برای آلیاژهای ۳-۴-۷-۱۱

## بحث در مورد نتایج

آلیاژهای fcc قابلیت سخت شدن دارند و با افزودن کربن به میزان نسبتاً زیادی ۰/۵ wt٪ این آلیاژها سخت می‌شوند. کربن سبب شکل‌گیری کاربیدهای مرزخانه‌ای از جمله  $M_{23}C_6$  و  $M_7C_3$  می‌شود و در ادامه سبب افزایش استحکام در این ناحیه می‌شود.

برخی از آلیاژها توسط عنصر نیویوم تولید کاربیدهای قوی می‌کنند. علاوه بر  $M_7C_3$  و  $M_6C$  فاز MC هم می‌تواند در دمای بالا پایدار باشد. رسوب کاربیدهای NbC اولیه بر روی نابجایی‌های زمینه صورت می‌گیرد. هنگامی که میزان نیویوم در حد ۱٪ ثابت باشد کربن تنها بر روی مقدار  $Cr_7C_3$  اثر می‌گذارد اما مقدار NbC تغییر نمی‌کند. (جدول ۲) به دلیل اینکه قابلیت حل شدن نیویوم در آستنیت در حدود ۰/۵ wt٪ است. باقیمانده نیویوم (۰/۵ wt٪)، ۰/۰۶۵ wt٪ کربن نیاز دارد تا NbC تشکیل شود. در آلیاژهای مورد مطالعه در این تحقیق میزان کربن بیشتر از ۰/۰۶۵ wt٪ است، لذا مقدار کاربید NbC توسط مقدار نیویوم کنترل می‌شود. به دلیل اینکه میزان نیویوم در هر چهار آلیاژ در حدود ۱ wt٪ است، لذا میزان NbC چهار آلیاژها تقریباً یکسان است.

میزان کربن در آستنیت توسط رابطه زیر تعیین می‌شود

$$C = - (6100) / T + 4.21 - 0.0186 (Cr + Ni)$$

میزان کربن آستنیت در دمای  $950^{\circ}C$  برابر ۰/۰۱۳ wt٪ خواهد بود، به همین دلیل مقداری کربن فوق اشباع در آستنیت وجود دارد. در آلیاژ ۳ میزان کاربید  $Cr_7C_3$  و NbC یوتکتیکی به ترتیب ۰/۲۸ wt٪ - ۰/۸ است و میزان کربن کاربید یوتکتیکی ۰/۳۵ wt٪ است. باقیمانده کربن برابر است با:

$$0.56 - 0.34 = 0.22 \text{ wt} \%$$

همان‌طور که مشاهده می‌شود میزان کربن فوق اشباع در آستنیت در مورد آلیاژ ۳، ۰/۲۲ wt٪ است. به طور مشابه میزان کربن فوق اشباع در آلیاژهای ۴ و ۷ و ۱۱ به ترتیب برابر است با ۰/۱۴ wt٪ - ۰/۱۷ - ۰/۲۴. بنابراین با افزایش میزان کربن، مقدار کربن فوق اشباع در آستنیت افزایش می‌یابد و به دنبال آن مقدار کاربیدهای ثانویه در ساختار افزایش می‌یابد.

میزان کربن آستنیت در حالت خام بسیار بیشتر مقداری است که در اینجا محاسبه شده است. چون معادله بالا میزان غلظت کربن را در حالت سرد شدن تعادلی محاسبه می‌کند در حالی که آلیاژهای ۳ و ۴ و ۷ و ۱۱ تحت شرایط غیر تعادلی سرد

می‌شوند. بنابراین میزان زیادی از کربن در آستنیت زمینه بعد از سرد شدن سریع رها می‌شود و این مسئله باعث تولید رسوب در مرحله پیرسازی می‌شود. از طرف دیگر معادله بالا اثر نیویوم را بر روی حلالیت کربن در آستنیت در نظر نمی‌گیرد. آزمایش سختی در آلیاژهای ۳ و ۷ در حالت پیرسازی نشان می‌دهد که میزان کربن بیشتر سختی بالاتری را به همراه دارد و این سختی اختلاف فاحشی با سختی در حالت خام دارد.

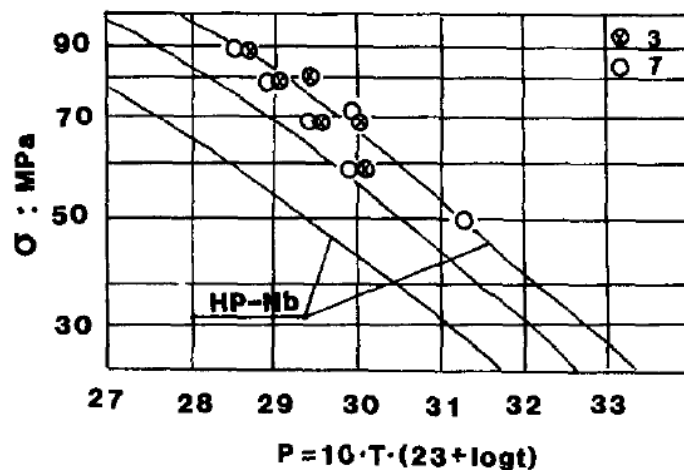
در حین پیرسازی آلیاژ حاوی کربن بیشتر (آلیاژ ۳) رسوب گذاری کاربید  $Cr_7C_3$  بیشتری را نسبت به از آلیاژ حاوی کربن کمتر (آلیاژ ۷) نشان می‌دهد و اشکال (۵) و (۴) اثر کربن را بر پایداری ساختار پیرسازی نشان می‌دهند. در  $1100^{\circ}C$  و  $200^{\circ}C$  ساعت پیرسازی کاربیدهای یوتکتیکی  $Cr_7C_3$  و NbC پایدار هستند. رسوبات ثانویه  $Cr_7C_3$  در آلیاژ ۳ سریع‌تر از آلیاژ ۷ رسوب گذاری می‌کنند و تمایل دارند به صورت جفتی توزیع می‌شوند. رسوبات  $Cr_7C_3$  در آلیاژ ۳ بزرگ‌تر آلیاژ ۷ هستند.

این مسئله نشان می‌دهد که افزایش میزان کربن برای پایداری ساختاری کاربیدها زیان آور است. اما تغییری در مورفولوژی کاربیدها به خصوص NbC به وجود نمی‌آید. این مسئله در مورد پیرسازی در دمای  $950^{\circ}C$  نیز صادق است. در اشکال (۷) و (۶) می‌توان دید که آلیاژ ۳ و ۷ استحکام خزشی گسیختگی بالاتر نسبت به آلیاژهای ۴ و ۱۱ دارند. (استحکام خزشی-گسیختگی آلیاژهای ۳ و ۷ مشابه است). در توضیح این مشاهدات ذکر این نکته لازم است که آلیاژ ۴ کمترین میزان کربن را دارد. بنابراین هم زمینه و مرز دانه‌ها حاوی کمترین میزان کاربید هستند. استحکام در این آلیاژ کم است و لذا تغییر فرم به آسانی صورت می‌گیرد. نابجایی‌ها به آسانی به سمت مرز دانه‌ها لغزش می‌کنند و شکست رخ می‌دهد.

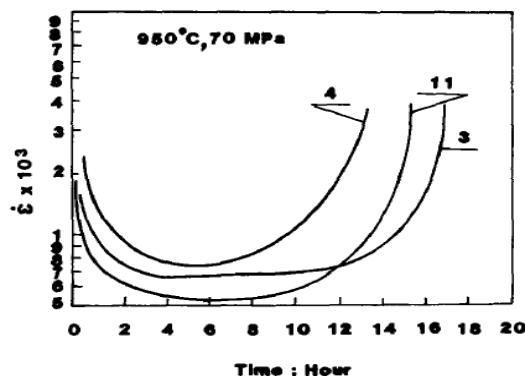
آلیاژ ۱۱ بیشترین مقدار کربن را دارد و لذا هم زمینه و مرز دانه بیشترین استحکام را دارد گرچه داکتیلیته در زمینه نسبتاً پایین است (جدول ۳). کاهش تنش سبب می‌شود، تغییر شکل در ساختار بسیار سخت صورت پذیرد و شکست زود هنگام صورت می‌گیرد. آلیاژهای ۳ و ۷ میزان کربن متعادلی دارند و مرز دانه‌ها از استحکام کافی برخوردار هستند لذا از تشکیل حفره‌ها جلوگیری می‌شود بنابراین زمینه داکتیلیته کافی دارد و مانع از رشد ترک می‌شود. آلیاژهای ۳ و ۷ بیشترین استحکام خزشی گسیختگی را دارند. شکل (۹) نشان می‌دهد کربن

جدول ۴. سختی ویکرز آلیاژها در حالت خام و نیز تحت شرایط پیر سازی در دمای ۹۵۰°C به مدت ۱۰-۱۰۰-۲۰۰ ساعت.

Alloy no.	Carbon (wt.%)	Vickers hardness			
		As-cast	Aged at 1100°C		
			10 h	100 h	200 h
4	0.35	182	—	—	—
7	0.44	183	212	245	236
3	0.56	187	221	265	240
11	0.62	192	—	—	—



شکل ۸. نمودار لارسون-میلر برای آلیاژهای ۳ و ۷. نتایج حاصل با نتایج محققان ژاپنی بر روی فولاد HP-Nb مشابه، مقایسه شده است.



شکل ۹. نمودار زمان - نرخ خزش برای آلیاژهای ۳-۴-۱۱.

(۲) افزایش میزان کربن از ۰/۳۵ wt.% به ۰/۶۲ wt.% در حالی که میزان نیوبیوم ثابت و در حدود ۱ wt.% باشد سبب افزایش میزان کاربید  $Cr_7C_3$  می شود در صورتی که میزان کاربید NbC تغییر نمی کند.  
 (۳) مورفولوژی کاربیدهای یوتکتیکی  $Cr_7C_3$  و NbC با تغییر در میزان کربن تغییر نمی کند.  
 (۴) خواص خزش-گسیختگی بهینه در حالتی به دست می آید که میزان کربن ما بین ۰/۴۵-۰/۵۶ wt.% باشد.

بالتر، نرخ خزش کمتری را به وجود می آورد. اگر میزان کربن افزایش یابد، کاربیدهای یوتکتیکی در مرزخانه ها افزایش می یابد و این کاربیدها به عنوان سدی در برابر لغزش مرزخانه ها عمل می کنند.

### نتایج

(۱) ساختار خام آلیاژهای HP-Nb حاوی کاربید یوتکتیکی  $Cr_7C_3$  اسکلتی و کاربید یوتکتیکی NbC بلوکی در یک زمینه آستنیتی فوق اشباع هستند.



## فراخوان گزارش مطالعات موردی

به اطلاع استادان، متخصصین و کارشناسان صنایع می‌رساند که هیأت تحریریه نشریه پیام فولاد تصمیم به اختصاص یک بخش از آن تحت عنوان "گزارش مطالعات موردی" در صنایع گرفته است.

این عنوان جهت توضیح نسبتاً کوتاه، شاید در حد یک یا دو صفحه برای کارهای انجام شده در صنعت که توانسته مشکل کوچکی از صنعت را حل کند تخصیص یافته است. به عنوان مثال در مطالعه موردی می‌توان به تحلیل علت شکست یک قطعه در صنعت و راه‌حل‌های کاهش شکست آن اشاره نمود و یا بررسی عوامل ایجاد خوردگی در یک قطعه و راه‌حل‌های جلوگیری از آن را مطرح کرد.

در این راستا از جنابعالی (استاد، مدیر، کارشناس و کاردان گرامی) درخواست می‌گردد هرگونه گزارشی در این رابطه داشته یا خواهید داشت جهت این نشریه ارسال فرمائید. قابل ذکر است که نشریه پیام فولاد به بیش از ۱۵۰۰ مرکز علمی و صنعتی و اعضاء انجمن ارسال می‌گردد. گزارشات ارسالی شامل چکیده، نتایج و بحث و جمع‌بندی و در صورت نیاز مراجع می‌باشد.





## کمیته آموزش

### برگزاری دوره آموزشی کلید فولاد

این دوره در تاریخ ۷ دی ماه ۹۱ در محل دفتر اصفهان شرکت مهندسی و بازرسی فنی ایکا برگزار گردید. مدرس این دوره جناب آقای مهندس امیرحسین خطیب زاده بودند و در پایان این دوره گواهینامه مربوطه برای شرکت کنندگان صادر گردید.

آهن و فولاد در آذر ماه سال جاری چاپ گردید، شایان ذکر است شماره اول مرجع فولاد در سال ۱۳۸۹ و شماره دوم آن در سال ۱۳۹۰ چاپ گردیده است.



## آیا می دانید:

از سال ۱۹۰۰ تا کنون در جهان بیش از ۲۲ میلیارد تن قراضه فولاد باز یافت شده است.  
(کتاب مرجع فولاد ۹۱)

در سال ۲۰۱۲ میلادی میزان تولید آهن اسفنجی جهان با ۴٪ رشد به ۷۳/۳ میلیون تن رسیده است.  
(کتاب مرجع فولاد ۹۱)

## اخبار اعضاء حقوقی انجمن آهن و فولاد ایران

### فولاد مبارک اصفهان

#### طراحی و ساخت دستگاه شارژ آلومینیم به فولاد مذاب و بهره‌برداری در کوره‌های قوس الکتریکی

با همکاری کارکنان فولاد مبارک و شرکت آلومینیم آلیاژ سپاهان دستگاه شارژ آلومینیم به فولاد مذاب پس از اجرای عملیات طراحی و ساخت با موفقیت در کوره‌های شماره ۱ و ۲ فولادسازی فولاد مبارک به کار گرفته شد.

رئیس کوره‌های قوس الکتریکی فولاد مبارک با بیان این خبر گفت: دستگاه شارژ آلومینیم به فولاد مذاب که برای اولین بار در دنیا با همکاری کارشناسان فولاد مبارک با شرکت آلومینیم آلیاژ سپاهان طراحی و ساخته شده است، این امکان را فراهم می‌نماید تا بتوان آلومینیم مورد نیاز در فولاد مذاب را به طور مجزا از دیگر فروآلیاژها به پاتیل مذاب اضافه و فولاد تمیز با کیفیت بالا تولید کرد.

محمد جواد زرکوب در خصوص برخی مزایای به کارگیری این دستگاه در کوره‌های قوس الکتریکی گفت: شارژ تفکیکی شده آلومینیم از دیگر فرو آلیاژها موجب مزیت‌هایی از قبیل کاهش مصرف آلومینیم و تمیزی فولاد داشته و این ایده از طریق کارشناسان فولاد سازی به شرکت تأمین کننده آلومینیم منتقل و موجب ابداع دستگاه شارژ آلومینیم و بکارگیری موفقیت آمیز آن در کوره‌های قوس الکتریکی شده است.

وی با بیان این مطلب که این دستگاه توسط شرکت مذکور ساخته شده است و با همکاری پرسنل تولید و تعمیرات، امور مهندسی، خدمات فنی و پشتیبانی و دفاتر فنی تولید و تعمیرات فولاد سازی مراحل نصب، راه اندازی و بهره برداری خود را در کوره های شماره ۱ و ۲ فولاد سازی پشت سر گذاشته است، تصریح کرد: این دستگاه توانایی افزودن با تأخیر آلومینیم نسبت به فرو آلیاژهای دیگر را دارد که این امر باعث می‌شود علاوه بر صرفه‌جویی بیش از ۱۰ درصدی در مصرف آلومینیم، با احتساب ۳۰ کیلو گرم در هر ذوب و با لحاظ کردن ۳۰ هزار ذوب در سال برای تعداد هشت کوره مبلغ ۸ میلیارد و ۱۰۰ میلیون تومان صرفه‌جویی در سال حاصل شود. ضمن اینکه

همان‌گونه که مطرح شد، این امر باعث تولید فولاد تمیز و کاهش درصد ناخالصی‌های آلومینائی ( $Al_2O_3$ ) نیز شده است. رئیس کوره‌های قوس الکتریکی فولاد مبارک در همین رابطه کاهش  $PPMO_2$  در فولاد ورودی به واحد کوره‌های پاتیلی که باعث کاهش مصرف آلومینیم ویر می‌شود؛ تأثیر در افزایش وزن تختال به ازای هر ذوب؛ عدم نیاز به ماشین شارژ؛ دقت بالا در توزین آلومینیم مورد نیاز؛ قابلیت تنظیم مقدار وزنی آلومینیم در دقایق پایانی تصفیه فولاد؛ جلوگیری از مخلوط شدن آلومینیم با بقیه فرو آلیاژها و همچنین آزادسازی یکی از بین‌های فرو آلیاژ و انعطاف پذیری در تغییر گرید نهایی فولاد تخلیه شده را از مزایای دیگر اختراع و به کارگیری دستگاه مذکور خواند.

#### برای اولین بار در فولاد مبارک صورت گرفت:

#### تولید کلاف گرم با استحکام بالا در ضخامت ۱۶ میلی‌متر

با اتکاء به دانش فنی واحد متالورژی و روش‌های تولید و تجربه کارکنان خط نورد گرم فولاد مبارک، برای اولین بار کلاف گرم با استحکام بالا (۵۳ - ۵۲ ST) در ضخامت ۱۶ و عرض ۱۵۰۰ میلیم تر به منظور پروژه های آب‌رسانی تولید شد. شاهرخ پورمستدام کارشناس متالورژی و روش‌های تولید فولاد مبارک با اعلام این خبر افزود: تولید این نوع ورق‌ها در فولاد مبارک بر اساس درخواست شرکت‌های لوله سازی و به منظور تأمین کلاف گرم برای پروژه های آب رسانی انجام گرفته است.

وی در ادامه گفت: پس از ارائه طرح، شبیه سازی و دستورالعمل‌های نورد گرم توسط گروه فنی نورد گرم تدوین و طی برنامه ریزی صورت گرفته در شرایط کنترل شده خط نورد گرم برای اولین بار ۱۰۰ تن فولاد با استحکام بالا در ضخامت ۱۶ و عرض ۱۵۰۰ میلیم تر تولید گردید.

ایشان در خصوص دیگر ویژگی‌های این نوع ورق‌ها خاطر نشان کرد: استحکام کششی این نمونه فولاد بالاتر از ۵۰۰ نیوتن بر میلی متر مربع بوده و در طراحی اولیه خط نورد گرم، این نوع فولاد حداکثر تا ضخامت ۱۲ میلی‌متر قابل تولید بوده است.

## ذوب آهن اصفهان

### در بخش فولادسازی و در راستای بومی سازی انجام شد: بهره برداری از دستگاه تزریق آلومینیوم با توان داخلی

دستگاه تزریق آلومینیوم که باهمت کارشناسان داخلی، طراحی و ساخته شده است در بخش فولادسازی ذوب آهن به بهره برداری رسید. مدیر فولاد سازی شرکت با بیان مطلب فوق گفت: این طرح با مشارکت شرکت آریان پژوه از نیمه اول سال ۹۰ آغاز و در نیمه دوم سال جاری با موفقیت به اتمام رسید.

وی با بیان اینکه استفاده از آلومینیوم در فرایند فولادسازی به طور عمده به منظور تولید فولادهای کیفی با ارزش افزوده بالا انجام می پذیرد. افزود: یکی از مراحل اجتناب ناپذیر تولید فولادهای کیفی همچون ریل، تیر آهن بال پهن و... استفاده از امکانات تزریق آلومینیوم برای اکسیژن زدایی و تمیز نمودن فولاد از ناخالصی و حباب می باشد. مهندس جوادی با بیان این که با ساخت این دستگاه در هزینه های ارزی شرکت صرفه جویی شده است تصریح نمود: در گذشته این تجهیزات از خارج تأمین می شد که با ساخت آن در داخل، از خروج ارز جلوگیری خواهد شد.

مهندس خسرو جوادی به مزایای روش تزریق آلومینیوم به پاتیل مذاب پرداخت و افزود: قبل از به کارگیری این دستگاه، اکسیژن زدایی فولاد مذاب به صورت پرتاب شمش های ۵ کیلویی به داخل پاتیل فولاد انجام می گرفت که عملیات اکسیژن زدایی از ذوب به درستی انجام نمی گرفت ضمن اینکه ضایعات آلومینیوم نیز افزایش می یافت. اما روش تزریق آلومینیوم باعث می شود راندمان گاز زدایی افزایش یابد ضمن اینکه میزان تزریق کنترل و ضایعات آلومینیوم کاهش خواهد یافت.

وی ادامه داد: با به کارگیری این دستگاه در بخش فولاد سازی، امکان تولید محصولات فولادی با کیفیت و ارزش افزوده بالاتر، افزایش راندمان گاز زدایی و تصفیه فولاد، کاهش ضایعات آلومینیوم و شرایط کاهش قیمت تمام شده محصول فراهم شده است.

مهندس جوادی به قابلیت های این دستگاه بومی سازی شده پرداخت و گفت: تزریق دو رشته سیم، تنظیم سیم تزریق شونده، تنظیم سرعت تزریق بین ۲۰ الی ۲۰۰ متر بر دقیقه، تنظیم

### تعدیل مثبت ۹۰ درصدی سود در شرکت فولاد مبارکه

امیر حسین نادری معاون اقتصادی و مالی فولاد مبارکه، با اعلام این خبر افزود: پیش بینی درآمد هر سهم فولاد مبارکه برای سال مالی منتهی به ۳۰ اسفندماه ۹۱ با سرمایه ۲۵ هزار و ۸۰۰ میلیارد ریال ۷۷۴ ریال می باشد که در نیمه نخست سال مالی به ۴۴ درصد از پیش بینی هایش رسید.

ایشان در این رابطه خاطر نشان کرد: شرکت فولاد مبارکه اولین پیش بینی درآمد هر سهم خود برای سال مالی منتهی به ۳۰/۱۲/۱۳۹۱ را به میزان ۳۱۳ ریال اعلام نموده بود و در تاریخ ۳۰/۴/۱۳۹۱ پیش بینی درآمد هر سهم را بر اساس عملکرد واقعی سه ماهه مبلغ ۴۰۷ ریال اعلام نموده بود. این شرکت در گزارش جدید خود با اعلام تعدیل مثبت ۹۰ درصدی، پیش بینی سود خود را به مبلغ ۷۷۴ ریال افزایش داد؛ که منجر به بازگشایی افزایش قیمت در تاریخ ۰۱/۰۸/۱۳۹۱ از ۳۱۹۰ ریال به ۳۸۰۰ ریال شد که این افزایش قیمت، شاخص بورس را به تنهایی ۳۱۴ واحد رشد داد. از طرف دیگر بازدهی سهام شرکت طی سال جاری که پیش از این ۱۷/۵ درصد بود به بیش از ۳۷ درصد رسید.

وی علت تغییرات سود هر سهم فولاد مبارکه را افزایش درآمد به دلیل افزایش مقدار تولید و فروش محصولات و همچنین افزایش نرخ فروش محصولات و افزایش بهای تمام شده کالای فروش رفته به دلیل افزایش مقدار تولید و فروش محصولات و همچنین افزایش نرخ خرید مواد خواند و اضافه کرد: این در حالیست که پیش بینی عملکرد سال مالی منتهی به پایان سال مالی ۹۱ در مقایسه با عملکرد واقعی سال مالی قبل به ترتیب ۵۴ درصد افزایش فروش، ۴۲ درصد افزایش بهای تمام شده کالای فروش رفته، ۱۲ هزار و ۶۶۳ میلیارد و ۷۵ میلیون ریال افزایش سود عملیاتی و افزایش ۱۰ هزار ۳۳۱ میلیارد و ۵۹۳ میلیون ریال سود پس از کسر مالیات، افزایش نشان می دهد.

امیر حسین نادری ادامه داد: جزئیات در گزارش ارسالی به سازمان بورس نیز دقیقاً ذکر شده و هم اکنون کل گزارش بعلاوه جزئیات آن بر روی سایت جامع اطلاع رسانی ناشران ([www.codal.ir](http://www.codal.ir)) و همچنین سایت امور سهام و مجامع شرکت ([www.foolad.co.ir](http://www.foolad.co.ir)) موجود و برای مطالعه همگان در دسترس می باشد.



## فولاد آلیاژی ایران

### رشد تولید و صادرات محصولات شرکت فولاد آلیاژی ایران

مدیرعامل شرکت فولاد آلیاژی ایران از افزایش ۵۰ درصدی «صادرات» و ۱۸ درصدی «تولید» محصولات این شرکت خبر داد. به گزارش «فولاد نیوز»، غلامرضا قمیچی با بیان این مطلب گفت: شرکت فولاد آلیاژی ایران در آذر امسال، ۲ هزار و ۷۴۳ تن محصول در قالب گروه های عملیات حرارت پذیر، سخت شونده سطحی، ابزار سرد کار و ابزار گرم کار به ارزش حدود ۲ میلیون و ۶۲۰ هزار دلار به کشورهای اروپایی صادر کرد. وی ادامه داد: این در حالیست که در مدت مشابه سال ۹۰، میزان صادرات محصولات به اروپا حدود یک هزار و ۳۷۰ تن بود.

مدیرعامل شرکت فولاد آلیاژی ایران با اشاره به افزایش بیش از ۳۹ هزار تنی میزان تولید محصولات این شرکت در ۹ ماه گذشته نسبت به مدت مشابه سال ۹۰، تصریح کرد: شرکت یاد شده از ابتدای امسال تا آذر، ۲۵۸ هزار و ۵۰۰ تن فولاد خام از نوع گروه های عملیات حرارت پذیر، سخت شونده سطحی، ابزار سرد کار، ابزار گرم کار، میکرو آلیاژ، فنر، کربنی و صنعتی تولید کرد. وی افزود: اما میزان تولید محصولات این شرکت در مدت مشابه سال گذشته، ۲۱۹ هزار و ۴۰۰ تن بود. به گفته وی، این محصولات به عنوان مواد اولیه صنایع خودروسازی، نفت، گاز، پتروشیمی، ماشین سازی، ابزار سازی و ساختمان کاربرد دارد.

طول سیم، اعمال فشار بر روی سیم های تزریق شونده، کنترل از طریق کنترل پانل دستگاه، قابلیت کنترل دستگاه از طریق اتاق اپراتوری، اتوماسیون و سیستم کنترل از طریق PLC و کنترل دستگاه از طریق اتاق اپراتوری را می توان از قابلیت های دستگاه تزریق آلومینیوم بر شمرد.

### طراحی سیستم بهینه سازی کوره های آزمایشگاهی

سیستم بهینه سازی کوره های آزمایشگاهی در شرکت ذوب آهن اصفهان طراحی و مورد استفاده قرار گرفت.

محمد کریمیان پرسنل شاغل در بخش مدیریت اتوماسیون و ارتباطات این سیستم را طراحی نموده اند. به گفته وی باید در آزمایشگاه ها از سیستم به روز و دقیقی استفاده شود تا با آنالیز دقیق نمونه ها، کیفیت محصول تضمین شود. وی با بیان اینکه از مدت زمان بهره برداری از کوره های آزمایشگاه زمان زیادی می گذرد افزود: این کوره ها مصرف انرژی بالایی دارند، تنظیم دقیق دمای کوره میسر نیست و برای تعمیرات آن ها هزینه زیادی باید صرف شود.

کریمیان که طرح خود را از طریق نظام پیشنهادات ارائه نموده به روند اجرای این طرح پرداخت و گفت: پس از مطالعه و بررسی های لازم مقرر شد کنترلر هایی در این کوره ها مورد استفاده قرار گیرد که قادر باشد سنسورهای مختلف را در دمای متفاوت فعال سازد. ضمن اینکه این کنترلر باید دارای دقت بسیار بالا و قابلیت استفاده از شیوه کنترل PID را داشته باشند.

وی اتصال به کامپیوتر، مونیتورینگ و توان ترسیم نمودار شیب دمای کوره را از دیگر قابلیت این کنترلر عنوان نمود و گفت: پس از انتخاب کنترلر در مراحل بعدی، سیستم SSR که قابلیت سوئیچ کردن با سرعت بالا را فراهم می کند جایگزین مدار کنتاکتوری قدیمی شد. با این اقدام از سوختن کنتاکتها و بو بین کنتاکتور جلوگیری نموده و راندمان کار دستگاه را به حداکثر رساندیم. وی افزود: به جای نشان دهنده دما که یک ترمومتر جیوه ای بود از سیستم مونیتورینگ کنترلر استفاده کردیم. تمام این اقدامات باعث شد حجم مدار فرمان کوره کم و تعمیرات آن آسان شود. کریمیان کوره های بهینه سازی شده را ۲۳ عدد و هزینه ی صرف شده برای این کار را ۲ میلیون ریال عنوان نمود.

## اخبار از سایت‌های بین‌المللی

(منبع: www.steeltimesint.com)

### رشد موجودی محصولات فولادی در بازار چین

در هفته منتهی به ۲۸ دسامبر سال ۲۰۱۲ موجودی محصولات فولادی اصلی از جمله ورق تخت، ورق گرم و سرد، میلگرد و مفتول در ۲۶ بازار مهم فولاد چین با ۱۰۷ هزار تن رشد نسبت به یک هفته قبل به ۱۱/۸۸ میلیون تن رسید. از طرفی موجودی فولاد چین هفته سوم دسامبر نسبت به یک هفته قبل آن ۴۸ هزار تن افزایش داشته است. البته ۲۸ دسامبر میزان موجودی فولاد در بازار چین نسبت به مدت مشابه سال قبل ۱/۰۲۱ میلیون تن پایین تر بود. قابل ذکر است موجودی میلگرد رشدی ۱۰۱ هزار تنی، ورق گرم افت ۵ هزار تنی و مفتول، ورق سرد و ورق تخت به ترتیب ۴ هزار تن، ۲ هزار تن و ۵ هزار تن رشد موجودی را تجربه نمودند. رشد سریع قیمت سنگ آهن در ماه دسامبر موجب کاهش حاشیه سود فولادسازان چینی شد و بر تولید آن‌ها اثری منفی گذاشت. ولی از طرفی کمبود نقدینگی آخر سال مانع از فروش بیشتر محصولات فولادی شد.

### کاهش تولید فولاد اسپانیا و فرانسه

تولید فولاد خام اسپانیا در ماه نوامبر ۱/۰۵ میلیون تن ثبت شد که ۱۴ درصد نسبت به مدت مشابه سال ۲۰۱۱ افت داشت. در ۱۱ ماه نخست سال ۲۰۱۲ نیز اسپانیا در مجموع ۱۲/۸ میلیون تن فولاد خام تولید نموده که نشانگر ۱۳ درصد افت نسبت به سال ۲۰۱۱ است. نرخ نزولی تولید در اغلب ماه‌های سال ثابت بوده است. همچنین آمار حاکی از آن است که تولید فولاد خام فرانسه در ماه نوامبر ۱/۲۷ میلیون تن ثبت شد و افتی ۵/۴ درصد نسبت به نوامبر ۲۰۱۱ داشت. از ژانویه تا نوامبر نیز این کشور ۱۴/۶۳ میلیون تن فولاد خام تولید نمود که نسبت به سال ۲۰۱۱ حدود ۰/۲ درصد افت داشته است.

### بازار قراضه به روایت شاخص‌ها

آخرین شاخص قیمت های استیل ایندکس حاکی از آن است که متوسط شاخص قیمت روزانه قراضه در ترکیه ۱/۵ درصد رشد داشته ولی شاخص قیمت هفتگی در امریکا ثابت

داشت. در هند قیمت قراضه وارداتی افت داشته است. متوسط قیمت قراضه وارداتی در ترکیه ۶ دلار هر تن بالا رفته به ۳۹۶ دلار هر تن سی اف آر رسید. بازار در تعطیلات به سر می برد و فعالیت چندانی مشاهده نشد. قیمت فوق یک دلار هر تن نسبت به ۴ هفته قبل پایین تر است. شاخص قیمت استیل ایندکس ۴ دلار هر تن بالا رفت. در بازار داخلی امریکا قراضه خرد شده ثابت قیمت داشت و ۱۰ دلار هر لانگ تن نسبت به ۴ هفته قبل بالاتر است. قراضه خرد شده کانتینری در هند ۵ دلار افت قیمت داشته و ۱۹ دلار هر تن نسبت به یک ماه قبل پایین تر است.

### افزایش صادرات قراضه ژاپن در سال ۲۰۱۲

آمار دولتی ژاپن حاکی از آن است که این کشور در ماه نوامبر سال ۲۰۱۲ در مجموع ۷۳۵۲۱۱ تن قراضه فولادی صادر نموده که ۷/۴ درصد نسبت به اکتبر افت داشته ولی نسبت به نوامبر ۲۰۱۱ معادل ۱۹/۳ درصد بهبود داشت.

در این بین میزان صادرات قراضه ژاپن به چین در ماه نوامبر کمتر از ۳۲۷ هزار تن و صادرات به کره جنوبی حدود ۳۲۱ هزار تن بوده است که نسبت به نوامبر ۲۰۱۱ به ترتیب ۲۸/۲ درصد رشد و ۶/۳ درصد افت داشته است. از طرفی در ۱۱ ماه نخست سال ۲۰۱۲ ژاپن ۷/۷ میلیون تن قراضه فولادی صادر نمود که ۶۰/۲ درصد نسبت به سال ۲۰۱۱ بهبود داشته است.

### امید به بهبود بازار مقاطع چین در سال نو میلادی

وعده‌های امیدوار کننده دولت چین در رابطه با بهبود وضعیت اقتصادی در سال ۲۰۱۳ موجب شده جو بازار فولاد بهتر شود و قیمت فولاد ساختمانی افزایش یابد. فعالان بازار نسبت به بهبود بازار فولاد در سال ۲۰۱۳ خوش بین تر شده اند و معتقدند حمایت دولت از زیرساخت‌ها تقاضای مقاطع را بالا می برد. البته از طرفی برخی معتقدند مشکل مازاد عرضه اجازه رشد قیمت را نمی دهد.

در بازار پکن قیمت میلگرد در ماه دسامبر حدود ۳۲ دلار هر تن بالا رفته به ۵۷۴ تا ۵۷۶ دلار هر تن با ۱۷ درصد مالیات بر

ارزش افزوده رسیده است. قیمت های داخلی از اواسط سپتامبر روند صعودی را آغاز نمود البته آخرین قیمت سال ۲۰۱۲ نسبت به اوج قیمت اواسط ماه مارس که ۷۱۴ دلار هر تن بود پایین تر است. سه فصل ابتدایی سال وضعیت اقتصادی چین جالب نبود از این رو بین ماه های مارس تا سپتامبر قیمت مقاطع نزولی شد ولی از سپتامبر که سرمایه گذاری ها بالا رفت تا از وضعیت اقتصادی حمایت کند قیمت میلگرد هم صعودی شد.

### بازار ورق ترکیه در انتظار بهبود

تولید کنندگان و همچنین وارد کنندگان در بازار ورق ترکیه از جو مثبت بازار خبر داده اند. البته فعلا خریداران ترجیح می دهند در تناژ پایین برای نیاز فوری خرید کنند چون تقاضای مصرف کننده های نهایی ضعیف است در نتیجه تولید کننده ها به

قیمت های مورد نظر خود نرسیده اند. کارخانه های بسیاری به دنبال فروش ورق گرم در ۶۰۰ دلار هر تن درب کارخانه هستند. برخی از خریداران با امید به رشد قیمت ها در فصل اول سال ۲۰۱۳ به دنبال بستن معامله اند. احتمالاً تا اواسط ژانویه قیمت ها در این سطوح باقی می ماند. فعالان بازار ترجیح می دهند فعلاً سیاست انتظار در پیش گیرند. برخی معتقدند ژانویه قیمت ها رشد چشمگیری خواهند داشت.

در بازار واردات ورق ترکیه نیز انتظار می رود از هفته دوم ژانویه قیمت های پیشنهادی جدید ۱۵ تا ۲۰ دلار هر تن بالا تر برود. قیمت پیشنهادی ورق گرم در بازار داخلی ترکیه ۶۰۰ تا ۶۲۰ دلار هر تن درب کارخانه است و اوکراین در ۵۴۰ تا ۵۵۰ دلار هر تن سی اف آر تحویل فوریه پیشنهاد داده است. قیمت پیشنهادی روسیه ۵۵۰ تا ۵۶۰ دلار هر تن سی اف آر ترکیه است و ورق سرد ۶۴۰ تا ۶۶۰ دلار هر تن سی اف آر ثبت شده است.



# نازه‌های نکتولوژی\*

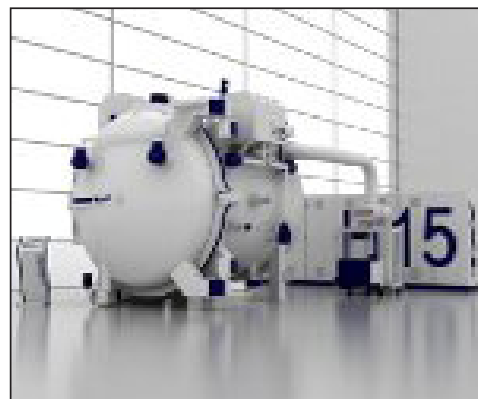
ترجمه و تنظیم: مهندس مسعود بیگی  
انجمن آهن و فولاد ایران

## کوره خلاء TAV

این کوره توانایی ایجاد محیطی با خلاء در حدود ۷ میلی بار تا ۱۰۰ بار را دارد. دمای کاری آن بالغ بر ۲۵۰۰ درجه سانتی‌گراد بوده و ظرفیت آن در حدود ۵۰۰ کیلوگرم می‌باشد. از لحاظ هندسی می‌توان دو کاربری متفاوت از آن انتظار داشت، حالت افقی و حالت عمودی. این قابلیت به کاربر اجازه می‌دهد از مزایای هر دو نوع کوره‌های افقی و عمودی بهره‌مند شود و در عین حال هیچ محدودیت از لحاظ قرارگیری نمونه در آن وجود ندارد.

پمپ‌های مورد استفاده در این کوره به هر دو صورت خشک و تر می‌توانند کار کنند. پمپ‌های مورد استفاده در آن جهت ایجاد خلاء عبارتند از پمپ‌های چرخشی، پمپ‌های توربومولکولار و پمپ‌های پرودتی.

محفظه‌ی حرارتی آن هم می‌تواند از جنس گرافیت باشد یا از بوته‌های فلزی در آن استفاده شود. کیفیت بسیار بالای این کوره سبب شده برای کارهای تحقیقاتی و صنعتی که دقت بالایی را نیاز دارند مورد استفاده قرار گیرد.



## ایزار رشد نانو ذرات

دستگاه جدید Nanofab 800Agile که توسط شرکت آکسفورد ساخته شده وسیله‌ای بسیار مناسب جهت تولید و رشد دادن نانو فیبرها و نانولوله‌ها می‌باشد که در آن فعالیت کاتالیست‌ها به راحتی قابل کنترل است.

از جمله ویژگی‌های کلیدی این دستگاه عبارت‌اند از:  
• قابلیت استفاده از نمونه‌های با ابعاد متفاوت (حداکثر ابعاد و یفرها ۲۰۰ میلی‌متر)  
• کنترل دقیق رشد و نیز قابلیت کنترل تنش‌های ایجاد شده در حین تولید

• مناسب برای تولید نانوسیم‌های نیمه رسانا  
• توزیع یکنواخت دمای بالای در تمامی قسمت‌های نمونه  
• رشد نانوسیم‌ها و نانو لوله‌ها در دماهای بالا (حدود ۸۰۰ درجه سانتی‌گراد)

• قابلیت سرد کردن و گرم کردن ناگهانی برای تولید مواد خاص

• قابلیت رسوب فیلم‌های PESVD با یکنواختی بسیار بالا، قابلیت کنترل بسیار دقیق ویژگی‌های نانوذرات از جمله خواص الکتریکی، مکانیکی، شیمیایی و ...



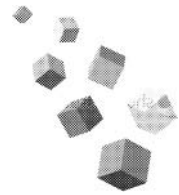


# عناوین مقالات مندرج در مجلات بین‌المللی آهن و فولاد

(در این شماره)

Journal of Iron and Steel Research, International

Volume 19, Issue 10, Pages 1-78 (October 2012)



- Effects of Temperature and Atmosphere on Sintering Process of Iron Ores**  
Jun ZHANG, Xing-min GUO, Xue-jun HUANG, Pages 1-6.
- Effects of Temperature and Atmosphere on Pellets Reduction Swelling Index**  
Zhao-cai WANG, Man-sheng CHU, Zheng-gen LIU, Shuang-yin CHEN, Xiang-xin XUE, Pages 7-12.
- HCWCI/Carbon Steel Bimetal Liner by Liquid-Liquid Compound Lost Foam Casting**  
Xiao-feng XIAO, Sheng-ping YE, Wei-xin YIN, Qiong XUE, Pages 13-19.
- Tension and Thickness Control Strategy Analysis of Two Stands Reversible Cold Rolling Mill**  
Guang-ming LIU, Hong-shuang DI, Cun-long ZHOU, Hong-cui LI, Jiang LIU, Pages 20-25.
- Finite Element Method Analysis of Effect of Blade Clearance on Plate Shearing Process**  
Yu-gui LI, Quan YE, Fei FAN, Ye BAO, Qing-xue HUANG, Pages 26-29.
- Investigation on Co-Combustion Kinetics of Anthracite and Waste Plastics by Thermogravimetric Analysis**  
Zheng-jian LIU, Shan REN, Jian-liang ZHANG, Wei-jian LIU, Xiang-dong XING, Bu-xin SU, Pages 30-35.
- Effects of Oxides Contents in Vanadium Slag on Corrosion Mechanism of MgO-C Bricks**  
Guang-en WANG, Yu WANG, Bing XIE, Xin-sheng LI, Xu GUO, Xiao-jun LI, Pages 36-42.
- Effect of Sinter Hardening on Microstructure and Mechanical Properties of Astaloy 85Mo**  
K Sheikhi Moghaddam, M Ghambari, H Farhangi, N Solimanjad, Pages 43-46.
- Energy-Based Prediction of Low Cycle Fatigue Life of High-Strength Structural Steel**  
Yun-rong LUO, Chong-xiang HUANG, Yi GUO, Qing-yuan WANG, Pages 47-53.
- Finite Element Analysis of Die Geometry and Process Conditions Effects on Equal Channel Angular Extrusion for  $\beta$ -Titanium Alloy**  
Jia-yong SI, Fan GAO, Ji ZHANG, Pages 54-58
- Effect of Cold Rolling on Microstructure and Mechanical Properties of AISI 301LN Metastable Austenitic Stainless Steels**  
Jun-xia HUANG, Xiao-ning YE, Zhou XU, Pages 59-63.
- Influence of Rotational Speed on Microstructure and Mechanical Properties of Dissimilar Metal AISI 304-AISI 4140 Continuous Drive Friction Welds**  
G Subhash Chander, G Madhusudhan Reddy, A Venugopal Rao Pages 64-73.
- Grain Refinement in a Low Carbon Steel Through Multidirectional Forging**  
V Soleymani, B Eghbali, Pages 74-78.

## ترجمه‌ی دو چکیده مقاله از مجله:

**Journal of Iron and Steel Research, International**

**Volume 19, Issue 10, Pages 1-78 (October 2012)**

### **Energy-Based Prediction of Low Cycle Fatigue Life of High-Strength Structural Steel**

#### **پیش بینی بر پایه‌ی انرژی عمر خستگی با سیکل پایین فولادهای ساختمانی استحکام بالا**

در این مقاله مدلی مبتنی بر انرژی برای پیش بینی عمر خستگی با سیکل پایین فولادهای ساختمانی معرفی شده است. مدل‌های بر پایه‌ی انرژی دارای پراکندگی در حالت‌های تعداد سیکل میانگین، تعداد سیکل انشعاب ترک و تعداد سیکل کل برای تخریب هستند. انرژی تغییر فرم پلاستیک به ازای هر سیکل به عنوان یکی از مهم‌ترین پارامترهای انتشار ترک بوده که توسط این مدل تعیین شده است. نمودارهای عمر خستگی بر حسب کرنش با استفاده از میزان پراکندگی انرژی در هر سیکل رسم شده و با رابطه‌ی مانسون - کوفین مقایسه شده است. همچنین عمر خستگی با تعداد سیکل پایین با دو روش ذکر شده تعیین گردیده است. انرژی هیستریزس سیکلی برای هر سیکل از طریق پارامترهای تنش - کرنش سیکلی محاسبه شده است. علاوه بر این، سطح شکست نمونه‌ها توسط میکروسکوپ الکترونی روبشی مورد مطالعه قرار گرفته و در خصوص مکانیزم‌های شکست نیز بحث شده است.

### **Grain Refinement in a Low Carbon Steel Through Multidirectional Forging**

#### **اصلاح اندازه دانه فولاد کم کربن از طریق فورجینگ چند جهته**

اصلاح اندازه‌ی دانه یکی از موفقیت‌آمیزترین و ارزان‌ترین روش‌های بهبود خواص مواد جهت دستیابی به بهینه‌ترین حالت میان استحکام و داکتیلیته است. در این تحقیق فولاد کم کربن به وسیله‌ی روش فورجینگ چند جهته ( $MDF^1$ ) در دمای اتاق تغییر فرم داده شده است. تأثیر مقدار کرنش و همچنین فرایند آنیل بر روی ریزساختار و خواص مکانیکی فولاد مورد نظر بررسی شده است. همچنین مکانیزم اصلاح دانه‌ها توسط مشاهده‌ی ریز ساختار مورد مطالعه قرار گرفته است. نتایج نشان می‌دهد که اصلاح دانه‌ها توسط تکنیک فورجینگ چند جهته با موفقیت انجام شده است. دانه‌های اولیه دارای اندازه‌ی میانگین ۳۸ میکرومتر بوده که مشاهدات نشان می‌دهد پس از انجام فرایند ریزدانه کردن، اندازه میانگین دانه‌ها به ۱/۲ میکرومتر کاهش یافته است. در نتیجه‌ی این فرایند خواص استحکام به صورت قابل ملاحظه‌ای بهبود یافته و همچنین یکنواختی در ازدیاد طول به همراه کاهش ازدیاد طول در اثر افزایش کرنش در نمونه‌ها ایجاد شده است.

<sup>1</sup> multidirectional forging

## معرفی کتاب

عنوان کتاب: فولادها

از علم مواد تا مهندسی سازه

عنوان انگلیسی: Steels

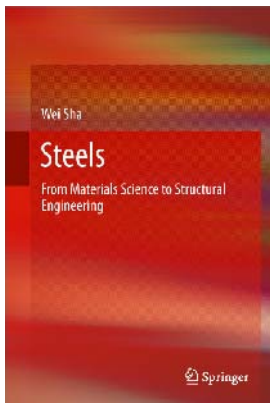
From Materials Science to Structural Engineering

مؤلف: Wei Sha

قیمت: ۱۲۰ یورو

سال نشر: ۲۰۱۳

تعداد صفحات: ۲۶۸



معرفی:

در نگارش این کتاب تلاش شده است که خلاء بین تحقیقات و آزمایشات صورت گرفته در مقالات و کاربردهای عملی مرتبط با فولاد به گونه ای پر شود. همچنین کتاب به گونه ای تألیف شده است که هم برای مهندسين مواد مناسب باشد هم برای مهندسين عمران و مکانیک که به نوعی با سازه های فولادی در ارتباط هستند. یکی از موارد بسیار مهم که در این کتاب بر روی آن تمرکز شده بحث مدل سازی های کامپیوتری است. فصل بندی این کتاب عبارت است از: مقدمه، فولادهای کم آلیاژ استحکام بالا، فولادهای نسوز، فولادهای مقاوم به حرارت، فولادهای فریتی و مارتنزیتی استحکام دهی شده با نیتريدها، فولاد های مارایجینگ و سازه های بتونی.

عنوان کتاب: خوردگی فولادهای ساختمانی در محیط های دریایی و صنعتی

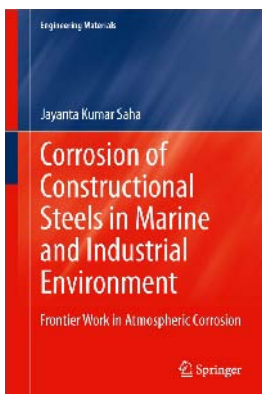
عنوان انگلیسی: Corrosion of Constructional Steels in Marine and Industrial Environment

مؤلف: Jayanta Kumar Saha

قیمت: ۱۰۰ یورو

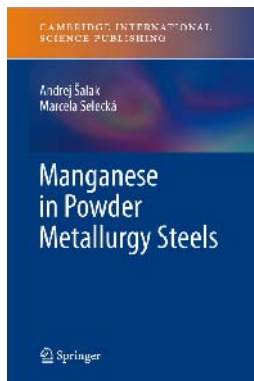
سال نشر: ۲۰۱۳

تعداد صفحات: ۱۷۳



معرفی:

در این کتاب به بیان نظریه های جدید در خصوص مکانیزم های انهدام سازه های فولادی در محیط های دریایی و صنعتی پرداخته شده است. نتایج جدید تحقیقات در خصوص خوردگی اتمسفری در هر سه حالت مایع، جامد و گاز یکی از موضوعات مورد تأکید در این کتاب است. روش های جدید مقابله با خوردگی اتمسفری برای فولادهای سازه از دیگر مطالب عنوان شده در این کتاب می باشد. این کتاب می تواند برای مهندسين طراحی مناسب باشد که با سازه های موجود در محیط های دریایی و صنعتی در ارتباط هستند.



عنوان کتاب: منگنز در فولاد های تولید شده به روش متالورژی پودر

عنوان انگلیسی: **Manganese in Powder Metallurgy Steels**

مؤلفین: Selecká Marcela and Šalák Andrej

قیمت: ۱۳۰ یورو

سال نشر: ۲۰۱۲

تعداد صفحات: ۳۷۲

#### معرفی:

این کتاب که حاصل تحقیقات انجام گرفته در طی سالیان متمادی از ۱۹۴۸ تا ۲۰۱۱ در خصوص تأثیر منگنز بر قطعات فولادی تولید شده به روش متالورژی پودر است اطلاعات بسیار مفید و کاملی را در اختیار محققین قرار می دهد. تأثیر این عنصر بر تمامی مراحل متالورژی پودر، اعم از تهیه و آماده سازی پودر، پرس کاری و نیز فرایند های تف جوشی به تفصیل در این کتاب ارائه شده است. برخی از فصول این کتاب عبارت اند از شرایط ترمودینامیکی برای سیستم Mn-O در زینترینگ فولاد منگنزدار، آلیاژسازی و زینترینگ فولادهای منگنز دار به وسیله ی بخار منگنز، تأثیر مواد و روش های مختلف تولید بر خواص فولادهای منگنز دار، خواص قطعات فولاد منگنزدار زینتر شده و ...

## آیا می دانید:

کل ارزش حجم تجارت فولاد جهان در حدود ۱۷۰۰ میلیارد یورو برآورد شده است.

(کتاب مرجع فولاد ۹۱)

ایران در سال میلادی ۲۰۱۲ با تولید ۱۳/۰۴ میلیون تن فولاد خام رده شانزدهم جهان را

کسب کرده است.

(کتاب مرجع فولاد ۹۱)



# معرفی نرم افزار

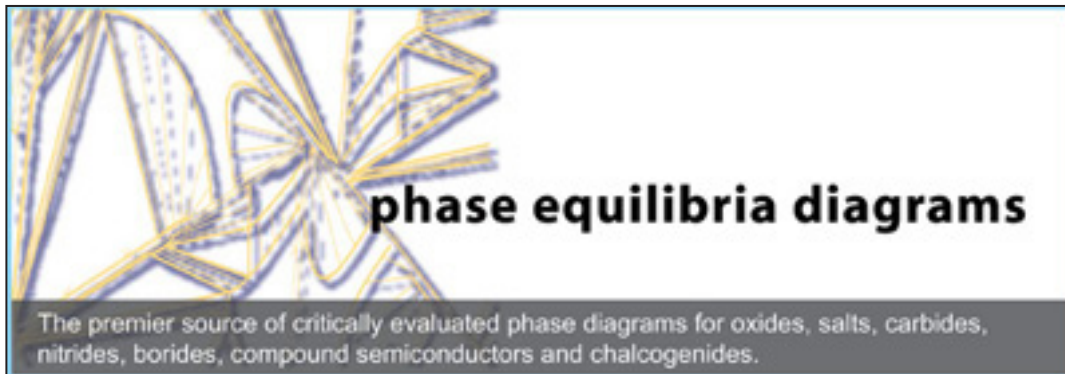
ترجمه و تنظیم: مهندس مسعود بیگی

انجمن آهن و فولاد ایران

## نرم افزار دیاگرام های تعادلی فازی

ورژن ۳/۳ این نرم افزار قدرتمند حاوی ۲۳ هزار دیاگرام تعادلی فازی از ترکیبات متفاوت می باشد که علاوه بر نمایش شکل ظاهری دیاگرام ها اطلاعات بسیار زیادی در مورد آنها به صورت متون علمی در اختیار کاربران قرار می دهد. دیاگرام های تعادلی فازی اکسیدها، نمک ها، کاربیدها، نیتريدها، بورايدها، نیمه هادی ها و ... از جمله اطلاعاتی است که در این نرم افزار گنجانده شده است. در نسخه ی جدید این نرم افزار بالغ بر ۹۰۰ تصویر و ۱۴۰۰ دیاگرام فازی جدید به پایگاه داده های آن اضافه شده است. از جمله موارد اضافه شده به این نسخه نسبت به نسخه های پیشین استفاده از نتایج آزمایشگاهی و اطلاعات محاسبه شده برای مواد مختلف از جمله ترکیبات غیر آلی و ... می باشد. همچنین این نسخه شامل حدود ۲۵۰۰ دیاگرام الکترونیک استخراج شده از ۲۱ جلد کتاب است که از سال ۲۰۰۸ به بعد تألیف شده اند.

یکی از مجموعه های با ارزش موجود در این نرم افزار مجموعه اطلاعاتی در خصوص دیاگرام های تعادلی سیستم های سرامیکی است که توسط ACerS و NIST در طی ۶۰ سال جمع آوری شده است. هدف این نرم افزار در اختیار قرار دادن اطلاعات مفیدی در خصوص توسعه ی صنعت متالورژی و سرامیک می باشد.



## سمینارهای بین المللی در زمینه مواد و متالورژی

No	Title	Location	Date	Organization
1	CRU's 19th World Steel Conference	Hong-Kong	05 - 06 March 2013	CRU
2	Platts 2nd Annual Scrap Seminar	Chicago	11 March 2013	Platts
3	Platts 9th Annual Steel Markets North America Conference	Chicago	12 - 13 March 2013	Platts
4	11th China International Steel Market and Trade Conference	Guangzhou, China	27 - 29 March 2013	MC-CCPIT
5	Society and Materials International Conference (SAM-7)	Germany	25 - 26 April 2013	: RWTH
6	AISTech 2013	Pittsburgh, PA, USA	06 - 09 May 2013	AIST
7	BIR World Recycling Convention	Shanghai	27 - 29 May 2013	BIR
8	14th Guangzhou International Metal & Metallurgy Exhibition	Guangzhou, China	16 - 18 June 2013	Julang
9	Metallurgy Litmash 2013	Moscow	25 - 28 June 2013	Messe Düsseldorf
10	Rust, Regeneration and Romance: Iron and Steel Landscapes and Cultures	United kingdom	10 - 14 July 2013	University of Birmingham
11	13th China Int'l Steel & Raw Materials Conference Organised	China	24 - 26 September 2013	MC-CCPIT

## سمینارهای داخلی

پایگاه اینترنتی	زمان	عنوان	ردیف
<a href="http://www.koureh.ir">http://www.koureh.ir</a>	۱۲ اردیبهشت ۱۳۹۲	سومین همایش ملی مشعل و کوره‌های صنعتی	۱
<a href="http://www.icmh.ir/indexfa.aspx">http://www.icmh.ir/indexfa.aspx</a>	۱۵ اردیبهشت ۱۳۹۲	چهارمین کنفرانس بین‌المللی عملیات حرارتی مواد	۲
<a href="http://www.icmh.ir/indexfa.aspx">http://www.icmh.ir/indexfa.aspx</a>	۱۵ اردیبهشت ۱۳۹۲	دومین همایش بین‌المللی مواد جدید و پیشرفته	۳
<a href="http://isme.ir/2013">http://isme.ir/2013</a>	۱۷ تا ۱۹ اردیبهشت ۱۳۹۲	بیست و یکمین همایش سالانه بین‌المللی مهندسی مکانیک	۴
<a href="http://corrosion14.ut.ac.ir">http://corrosion14.ut.ac.ir</a>	۲۴ تا ۲۶ اردیبهشت ۱۳۹۲	چهاردهمین کنگره ملی خوردگی	۵
<a href="http://www.isconferences.ir/265/fa">http://www.isconferences.ir/265/fa</a>	۲۵ و ۲۶ اردیبهشت ۱۳۹۲	همایش ملی سازه‌های هیدرولیکی	۶
<a href="http://www.ncnc.ir">http://www.ncnc.ir</a>	۲۶ اردیبهشت ۱۳۹۲	اولین همایش ملی فناوری‌های نوین در شیمی و مهندسی شیمی	۷
<a href="http://www.processconf.ir">http://www.processconf.ir</a>	۲۶ اردیبهشت ۱۳۹۲	نخستین همایش مهندسی فرآیند در صنایع نفت، گاز، پتروشیمی و انرژی	۸
<a href="http://ncnta.ir">http://ncnta.ir</a>	۱ تا ۲ خرداد ۱۳۹۲	نخستین کنفرانس ملی فناوری نانو از تئوری تا کاربرد	۹

# سایت‌های اطلاع‌رسانی

آهن و فولاد در شبکه اینترنت



## دانشکده مهندسی مواد Imperial College London

وب سایت رسمی دانشکده مهندسی مواد کالج سلطنتی لندن یک وب سایت به روز و غنی از لحاظ علمی می‌باشد. در این وب سایت به راحتی می‌توان به جدیدترین دست آورد های علمی این دانشکده دسترسی داشت؛ علاوه بر این امکاناتی همچون اطلاعات دقیق اساتید و دانشجویان این دانشکده وجود دارد. وضعیت فرصت‌های مطالعاتی برای دانشجویان دکتری و لیست دوره های تخصصی از دیگر مطالب این وب سایت می‌باشد.

[www3.imperial.ac.uk/materials](http://www3.imperial.ac.uk/materials)



## Steel & Metallurgy

نشریه فولاد و متالورژی یکی از نشریات تخصصی است که به صورت ماهانه به صورت اختصاصی انتشار می‌یابد. وب سایت این نشریه حاوی اطلاعاتی درباره‌ی شماره های چاپ شده است. اطلاعاتی همچون مقالات ارائه شده، راهنمای اشتراک نشریه، آمار و اخبار فولادی جهان و مواردی از این قبیل از امکانات این وب سایت می‌باشد.

[www.stellmetallurgy.com](http://www.stellmetallurgy.com)



## سایت فولاد نیوز

یکی از به روزترین سایت‌های اطلاع‌رسانی کشور در زمینه‌ی فلزات و علی‌الخصوص فولاد وب سایت فولاد نیوز است. قیمت به روز محصولات فولادی، اخبار و آمار به روز در زمینه‌ی فولادی، گزارش‌های تصویری و ... از امکانات این وب سایت داخلی است که به صورت رایگان در اختیار کاربران قرار می‌گیرد.

[www.fooladnewa.ir](http://www.fooladnewa.ir)



# دانشنامه‌های فولاد

## سمپوزیوم فولاد

تهیه و تنظیم: مهندس مسعود بیگی

### ۱. معرفی سمپوزیوم فولاد

سمپوزیوم در لغت کلمه ای یونانی کهن به معنای "با هم نوشیدن" است اما امروزه به گردهمایی تخصصی گفته می‌شود که در راستای برگزاری سخنرانی، بحث و گفتگوهای گروهی درباره موضوع‌های ویژه و از پیش تعیین شده پیرامون جستارهای علمی، سیاسی، اقتصادی، اجتماعی و غیره بوده که با نتیجه گیری در پایان همراه است. قابل ذکر است که عنصر اصلی در سمپوزیوم، موضوع واحد آن است.

سمپوزیوم فولاد نیز سالیان زیادی است که با نظمی خاص در سطح کشور برگزار می‌شود. در این همایش سالانه محققین کشور آخرین دست‌آوردهای علمی خود را به اشتراک می‌گذارند تا با انتشار آن در یک مجمع تخصصی سهمی هر چند کوچک در ارتقای دانش فولادی کشور داشته باشند. این گردهمایی دو روزه همه ساله با همکاری یک یا چند شرکت بزرگ فولادی کشور و یا دانشگاه و تحت نظارت انجمن آهن و فولاد ایران برگزار می‌شود. در این سمپوزیوم هر سال بر روی یک موضوع خاص تأکید شده و تحت عنوان شعار سمپوزیوم در آن سال معرفی می‌گردد و تلاش می‌شود مقالات ارائه شده به گونه ای مرتبط با این شعار باشد.

### ۲. تاریخچه

ایده‌ی اولیه‌ی برگزاری همایشی تحت عنوان "سمپوزیوم فولاد" به بیش از ۱۶ سال پیش می‌رسد. جناب آقای دکتر عباس نجفی زاده بنیان گذار و رئیس هیئت مدیره انجمن آهن و فولاد ایران، بنیان گذار این همایش سالانه در کشور می‌باشند. ایشان دلیل اصلی این تصمیم را احساس نیاز به یک همایش سالانه علمی در خصوص فولاد دانسته‌اند. نام گذاری این همایش تحت عنوان "سمپوزیوم" نیز به این علت بوده که از سایر همایش‌های تخصصی برگزار شده در کشور متمایز گردد.

اولین دور برگزاری این همایش به سال ۱۳۷۵ بر می‌گردد و با تلاش آقای دکتر نجفی زاده و برخی همکاران ایشان در دانشکده مهندسی مواد دانشگاه صنعتی اصفهان برگزار گردیده است. پس از آن به مدت سه سال هیچ ارگانی مسئولیت اجرای آن را بر عهده نگرفته و سمپوزیوم برگزار نشده است. در ادامه در سال ۱۳۷۸ این سمپوزیوم با تلاش مجدد آقای دکتر نجفی زاده در دانشگاه صنعتی اصفهان برگزار شد. پس از آن در سال ۱۳۷۹ و با تأسیس انجمن آهن و فولاد ایران سمپوزیوم فولاد جانی دوباره گرفته و با یک برنامه ریزی مدون به عنوان یکی از رسالت‌های اصلی این انجمن قرار گرفت به گونه ایی که از سال ۱۳۷۹ تا کنون این همایش به صورت کاملاً منظم برگزار شده تا جایی سمپوزیوم فولاد به عنوان یکی از معتبرترین همایش‌های سالانه‌ی کشوری در زمینه‌ی رشته‌ی مهندسی مواد و به صورت تخصصی زمینه‌ی فولاد شناخته شده است.

### ۳. اهداف و سیاست‌ها

#### اهداف سمپوزیوم

- ۱- ایجاد زمینه مساعد ارتباط و گردهمایی محققان و متخصصان و ارائه آخرین دستاوردهای تحقیقاتی مربوط به فولاد.
  - ۲- ارتقاء سطح دانش فنی در زمینه‌های مختلف فولاد کشور.
  - ۳- ایجاد زمینه مشارکت بیشتر کارشناسان فولاد در فعالیت‌های علمی و تحقیقاتی.
  - ۴- جمع‌آوری و مستندسازی تحقیقات انجام شده در زمینه فولاد.
  - ۵- اطلاع رسانی در زمینه صنعت فولاد.
- اهمیت برگزاری این همایش نیز به نقش آن در توسعه پایدار صنعت فولاد بر می‌گردد. لازمه توسعه پایدار و همه‌جانبه، برخورداری کشور از نظام توسعه علمی - فنی به عنوان اساسی‌ترین زیرساخت نظام توسعه است. علم در جریان

دادوستد فکری و فعالیت‌های جمعی بر روی داده‌ها و انجام پژوهش‌های نوین، رشد و توسعه می‌یابد. از این رو نهادهای گردن این جریان در زمینه صنعت فولاد مورد توجه و همت جمعی از مدیران شرکت‌ها و استادان دانشگاه قرار گرفت و به عنوان هدف اصلی برگزاری این سمپوزیوم سالانه در نظر گرفته شده است. اصولاً فولاد نقش اساسی در اقتصاد هر ملتی ایفا می‌کند و به طور کلی توان اقتصادی هر کشوری را با میزان تولید فولاد آن مورد سنجش قرار می‌دهند و بدیهی است توسعه شاخه‌های دیگر صنایع در هر مملکتی نظیر معادن، حمل‌ونقل صنایع و کشاورزی بدون تولید فولاد قابل تصور نیست.

#### ۴. آمار و گزارش‌ها

از سال ۱۳۷۹ تا ۱۳۹۰ در طول برگزاری ۱۴ دوره سمپوزیوم

فولاد در مجموع حدود ۱۳۸۴ مقاله دریافت و در مجموعه کتاب‌های مقالات به چاپ رسیده است. از میان این تعداد مقاله ۷۱۱ مورد از آن‌ها توسط نویسندگان به صورت حضوری ارائه شده‌اند. در ادامه اطلاعات دقیق سمپوزیوم‌های برگزار شده در قالب یک جدول قابل مشاهده می‌باشد. در پایان نیز آمار موضوعی سه دوره‌ی اخیر این همایش در قالب نمودارهایی نشان داده شده است.

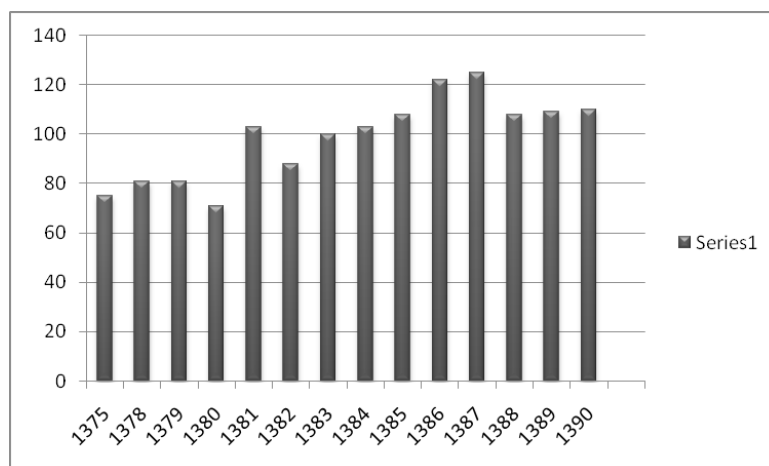
#### ۴-۱. آمار کلی سمپوزیوم‌های برگزار شده

در جدول ۱ آمار کلی ۱۴ دوره برگزاری سمپوزیوم فولاد قابل مشاهده است. در شکل ۱ نیز نمودار تعداد مقالات چاپ شده در مجموعه مقالات بر حسب سال انتشار آورده شده است.

جدول ۱. آمار کلی ۱۴ دوره برگزاری سمپوزیوم فولاد

سال	شعار سمپوزیوم	برگزارکنندگان	تاریخ برگزاری	محل برگزاری	دبیر علمی	تعداد مقالات	
						چاپ شده در مجموعه مقالات	ارائه حضوری
۷۵	-	دانشگاه صنعتی اصفهان- شرکت ملی فولاد ایران	۳-۵ مهر ماه ۷۵	اصفهان- دانشگاه صنعتی اصفهان	دکتر عباس نجفی زاده	۷۵ مقاله	۶۴ مقاله
۷۸	-	دانشگاه صنعتی اصفهان- شرکت ملی فولاد ایران	۲۸-۳۰ اردیبهشت ماه ۷۸	اصفهان- دانشگاه صنعتی اصفهان	دکتر عباس نجفی زاده	۸۱ مقاله	۶۶ مقاله
۷۹	ارتقاء بهره‌وری در صنعت فولاد	انجمن آهن و فولاد ایران- شرکت فولاد خوزستان	۳-۴ اسفندماه ۷۹	اهواز- شرکت فولاد خوزستان	دکتر علی سعیدی	۸۱ مقاله	۶۲ مقاله
۸۰	تکنولوژی‌های نو در صنعت فولاد	انجمن آهن و فولاد ایران- دانشگاه صنعتی اصفهان	۱-۲ اسفندماه ۸۰	اصفهان- دانشگاه صنعتی اصفهان	دکتر حسین ادریس	۷۱ مقاله	۵۰ مقاله
۸۱	صنعت فولاد و محیط زیست	انجمن آهن و فولاد ایران- شرکت سهامی ذوب آهن اصفهان	۱۱-۱۲ اسفندماه ۸۱	اصفهان- شرکت سهامی ذوب آهن اصفهان	دکتر علی شفیعی	۱۰۳ مقاله	۵۰ مقاله
۸۲	صنعت فولاد و مواد معدنی	انجمن آهن و فولاد ایران- شرکت تهیه و تولید مواد معدنی ایران	۲۸-۲۹ بهمن ماه ۸۲	یزد- بافق- شرکت سنگ آهن مرکزی ایران	دکتر مرتضی شمعیان	۸۸ مقاله	۴۱ مقاله

سال	شعار سمپوزیوم	برگزار کنندگان	تاریخ برگزاری	محل برگزاری	دبیر علمی	تعداد مقالات	
						چاپ شده در مجموعه مقالات	ارائه حضوری
۸۳	توسعه صنعت فولاد و جهانی سازی با تأکید بر مدیریت، رقابت و فولادهای برتر	انجمن آهن و فولاد ایران - شرکت فولاد آلیاژی ایران	۱۱-۲۱ اسفندماه ۸۳	یزد- شرکت فولاد آلیاژی ایران	دکتر احمد کرمانپور	۱۰۰ مقاله	۴۰ مقاله
۸۴	و توسعه صنعت فولاد ایران (طرفیت سازی، بهره‌وری، توسعه بازار ملی و جهانی)	انجمن آهن و فولاد ایران - شرکت فولاد مبارکه اصفهان	۹-۱۰ اسفندماه ۸۴	دانشگاه صنعتی اصفهان	دکتر بهزاد نیرومند	۱۰۳ مقاله	۴۳ مقاله به زبان فارسی و ۳ مقاله به زبان انگلیسی
۸۵	صنعت فولاد، اشتغال‌زایی و توسعه مبارکه اصفهان - شرکت صنایع جانبی	انجمن آهن و فولاد ایران - دانشگاه صنعتی امیرکبیر با حمایت شرکت ملی فولاد ایران - شرکت فولاد سهامی ذوب آهن اصفهان - شرکت خوزستان - شرکت تهیه و تولید مواد معدنی ایران	۸-۹ اسفندماه ۸۵	دانشگاه صنعتی امیرکبیر	دکتر اسکندر کشاورز علمداری	۱۰۸ مقاله	۵۱ مقاله به زبان فارسی و ۳ مقاله به زبان انگلیسی
۸۶	خصوصی سازی و سرمایه گذاری خارجی در صنعت فولاد	انجمن آهن و فولاد ایران - منطقه ویژه صنایع معدنی و فلزی خلیج فارس	۳۰ بهمن و ۱ اسفندماه ۸۶	بندرعباس - هتل بین‌المللی خلیج فارس	دکتر مهدی احمدیان	۱۲۲ مقاله	۴۶ مقاله به زبان فارسی و ۱ مقاله به زبان انگلیسی
۸۷	تولید و گسترش صادرات در صنعت فولاد	انجمن آهن و فولاد ایران - گروه ملی صنعتی فولاد ایران	۱۳ و ۱۴ اسفندماه ۸۷	اهواز - دانشگاه شهید چمران	دکتر خلیل رنجبر	۱۲۵ مقاله	۴۵ مقاله
۸۸	تولید، خواص و کاربرد فولادهای آلیاژی در صنعت	انجمن آهن و فولاد ایران - شرکت فولاد آلیاژی ایران	۱۱ و ۱۲ اسفندماه ۸۸	یزد - شرکت فولاد آلیاژی ایران	دکتر کیوان رئیسی	۱۰۸ مقاله	۴۵ مقاله
۸۹	فولاد با کیفیت برتر و چشم انداز مصرف بهینه	انجمن آهن و فولاد ایران - شرکت ذوب آهن اصفهان	۱۰ و ۱۱ اسفندماه ۸۹	اصفهان - شرکت ذوب آهن اصفهان	دکتر علی شفیعی	۱۰۹ مقاله	۵۱ مقاله
۹۰	دستیابی به دانش فنی و بومی سازی در صنعت فولاد	انجمن آهن و فولاد ایران - شرکت فولاد مبارکه اصفهان	۹ و ۱۰ اسفندماه ۹۰	اصفهان - مجتمع نگین نقش جهان	دکتر احمد کرمانپور	۱۱۰ مقاله	۵۰ مقاله



شکل ۱. نمودار تعداد مقالات ارائه شده در هر سال، محور افقی نشان دهنده سال برگزاری و محور عمودی نشان دهنده تعداد مقالات چاپ شده است.

## ۴-۲. سه دوره‌ی اخیر برگزار شده

### سال ۱۳۸۸

در پی ارسال فراخوان مقاله برای این سمپوزیوم، تعداد ۳۸۵ چکیده مقاله و متعاقب آن تعداد ۱۸۲ مقاله کامل به دبیرخانه واصل گردید که از این میان تعداد ۱۰۸ مقاله توسط کمیته داوران مورد پذیرش نهایی قرار گرفته و در مجموعه مقالات سمپوزیوم درج گردیده است. از بین مقالات پذیرفته شده، تعداد ۱۵ مقاله در زمینه تولید آهن و فولاد، ۱۰ مقاله در زمینه فولادهای آلایزی، ۸ مقاله در زمینه متالورژی مکانیکی، ۱۵ مقاله در زمینه متالورژی فیزیکی، ۲۳ مقاله در زمینه متالورژی سطح و خوردگی، ۸ مقاله در زمینه دیرگذاها، ۱۲ مقاله در زمینه شبیه‌سازی فرایند، ۱۱ مقاله در زمینه مدیریت، ۴ مقاله در زمینه محیط‌زیست و ۲ مقاله به زبان انگلیسی بوده است. در شکل ۲ نمودار درصد توزیع این مقالات بر اساس موضوع قابل مشاهده است

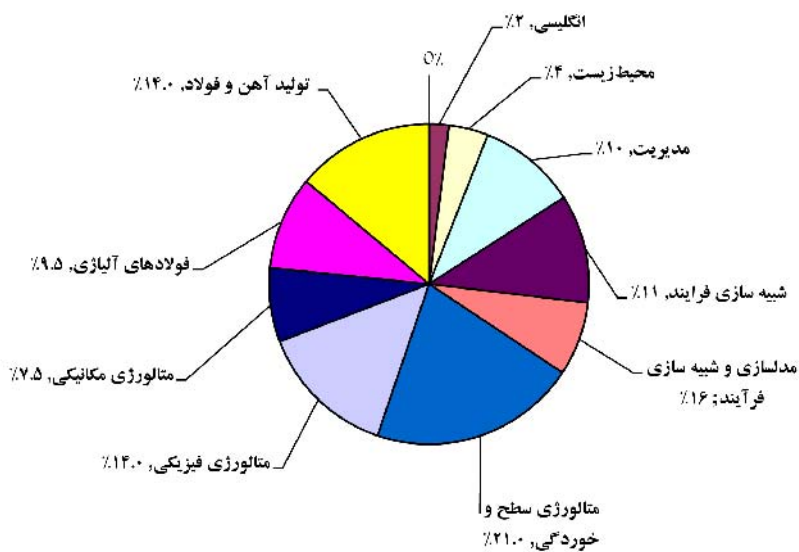
### سال ۱۳۸۹

در این سمپوزیوم نیز تعداد ۲۹۱ چکیده مقاله و پس از آن تعداد ۱۹۱ مقاله کامل به دبیرخانه واصل گردید که از این میان تعداد ۱۰۹ مقاله توسط کمیته داوران مورد پذیرش نهایی قرار گرفته و در مجموعه مقالات به چاپ رسید. از بین مقالات پذیرش شده، تعداد ۱۰ مقاله در زمینه تولید آهن و فولاد، ۸ مقاله در زمینه ذوب و ریخته‌گری، ۲۴ مقاله در زمینه متالورژی مکانیکی و شکل‌دهی، ۱۵ مقاله در زمینه متالورژی

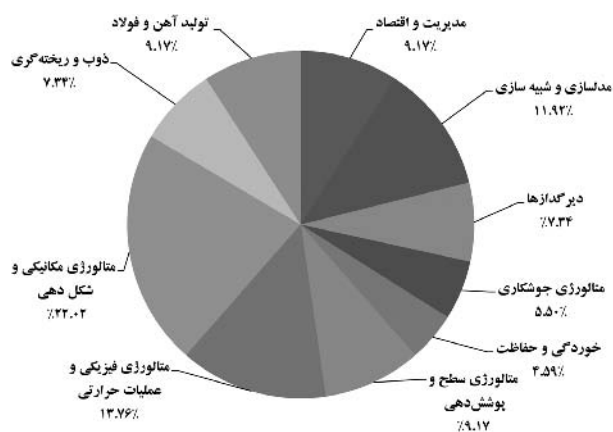
فیزیکی و عملیات حرارتی، ۱۰ مقاله در زمینه متالورژی سطح و پوشش‌دهی، ۵ مقاله در زمینه خوردگی و حفاظت، ۶ مقاله در زمینه متالورژی جوشکاری، ۸ مقاله در زمینه دیرگذاها، ۱۳ مقاله در زمینه مدلسازی و شبیه‌سازی و ۱۰ مقاله در زمینه مدیریت و اقتصاد بوده است. در شکل ۳ نمودار درصد توزیع این مقالات بر اساس موضوع قابل مشاهده است.

### سال ۱۳۹۰

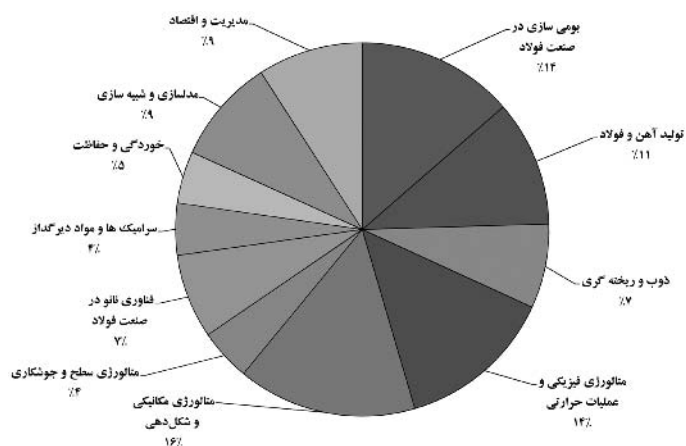
در سال گذشته نیز پس از ارسال فراخوان مقاله برای سمپوزیوم، تعداد ۲۷۷ چکیده مقاله و متعاقب آن تعداد ۱۷۷ مقاله کامل به دبیرخانه واصل گردید که از این میان تعداد ۱۱۰ مقاله توسط کمیته داوران مورد پذیرش نهایی قرار گرفته و در مجموعه مقالات سمپوزیوم درج گردیده است. از بین مقالات پذیرش شده، تعداد ۱۵ مقاله در زمینه بومی سازی در صنعت فولاد، ۱۲ مقاله در زمینه تولید آهن و فولاد، ۸ مقاله در زمینه ذوب و ریخته‌گری، ۱۵ مقاله در زمینه متالورژی فیزیکی و عملیات حرارتی، ۱۷ مقاله در زمینه متالورژی مکانیکی و شکل‌دهی، ۵ مقاله در زمینه متالورژی سطح و جوشکاری، ۸ مقاله در زمینه فناوری نانو در صنعت فولاد، ۵ مقاله در زمینه سرامیک‌ها و مواد دیرگذا، ۵ مقاله در زمینه خوردگی و حفاظت، ۱۰ مقاله در زمینه مدلسازی و شبیه‌سازی و ۱۰ مقاله در زمینه مدیریت و اقتصاد بوده است. در شکل ۴ نمودار درصد توزیع این مقالات بر اساس موضوع قابل مشاهده است.



شکل ۲. نمودار درصد موضوعی مجموعه مقالات سال ۱۳۸۸.



شکل ۳. نمودار درصد موضوعی مجموعه مقالات سال ۱۳۸۹.



شکل ۴. نمودار درصد موضوعی مجموعه مقالات سال ۱۳۹۰.



# برگزاری دوره‌های آموزشی انجمن آهن و فولاد ایران

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

## فرم درخواست برگزاری دوره‌های آموزشی توسط انجمن آهن و فولاد ایران

بدینوسیله اینجانب .....	درخواست برگزاری <input type="checkbox"/> دوره آموزشی یا <input type="checkbox"/> سمینار
در زمینه .....	را دارم.
نام و نام خانوادگی: .....	سمت: .....
آدرس مؤسسه: .....	نام مؤسسه: .....
تلفن: .....	نمابر: .....
	امضاء و تاریخ: .....

## بسته‌های آموزشی انجمن آهن و فولاد ایران

### بسته خوردگی

ردیف	عنوان دوره	تعداد روزهای برگزاری (هر روز ۸ ساعت می‌باشد.)
۱	بازرسی رنگ و پوشش	۳
۲	بازرسی خوردگی در صنایع	۳
۳	روشهای کنترل و بازرسی خوردگی فلزات در صنعت	۳
۴	طراحی و انتخاب مواد مقاوم به خوردگی	۳
۵	حفاظت کاتدی و آندی	۳
۶	پایش و مانیتورینگ خوردگی	۳
۷	اصول خوردگی و انواع آن	۳
۸	کنترل خوردگی و رسوب دیگ‌های بخار آب و داغ	۳

### بسته ریخته‌گری

ردیف	عنوان دوره	تعداد روزهای برگزاری
۱	روش‌های متداول ریخته‌گری	۳
۲	روش‌های نوین در ریخته‌گری شامل: ریخته‌گری به روش نیمه جامد، ریخته‌گری به روش لاست‌فوم، ریخته‌گری زاماک، شمش‌ریزی	۳
۳	طراحی سیستم‌های راهگامی و تغذیه‌گذاری در قطعات ریختگی	۳
۴	بررسی عیوب ریخته‌گری شامل: ذوب و ریخته‌گری، بررسی عیوب ریخته‌گری در ماسه، بررسی عیوب قطعات ریختگی آهنی / چدن و فولاد، بررسی عیوب در شمش‌ها	۲
۵	کنترل و کاهش ضایعات در ریخته‌گری	۲

### بسته مهندسی سطح

ردیف	عنوان دوره	تعداد روزهای برگزاری
۱	انواع روش‌های عملیات حرارتی سخت کردن سطح فولاد	۳
۲	تکنولوژی پاشش حرارتی، HVOF	۱
۳	بازرسی قطعات فرسوده و سایش یافته تحت عنوان مکانیزم‌های سایش و تخریب‌های سایشی در قطعات فولاد	۲
۴	بررسی سایش قطعات مورد استفاده در معادن و صنایع سیمان	۲
۵	بررسی سایش قطعات مورد استفاده در صنایع مختلف (معادن، سیمان، ریلی و ...)	۲
۶	روش‌های استاندارد کنترل کیفیت پوشش‌های صنعتی	۲
۷	بهبود و ارتقاء خواص سطحی فولادهای کم آلیاژی با استفاده از روش نیتروژن‌دهی پلاسمایی به کمک شبکه‌های فعال فلزی	۳

### بسته ارزیابی خواص مکانیکی مواد و شکل‌دهی

ردیف	عنوان دوره	تعداد روزهای برگزاری
۱	روش‌های شکل‌دهی فلزات	۲
۲	Sheet Metal Forming (شکل دادن ورق‌های فلزی)	۲
۳	بررسی عیوب ورق‌های نوردی گرم	۱
۴	آنالیز تخریب در قطعات صنعتی	۱
۵	خواص مکانیکی مواد	۱
۶	آزمایش‌های خواص مکانیکی مواد	۱

### بسته جوشکاری

ردیف	عنوان دوره	تعداد روزهای برگزاری
۱	شناخت مواد مصرفی جوشکاری و انتخاب آن	۲
۲	بازرسی جوش ۱	۵
۳	بازرسی جوش ۲	۵
۴	بازرسی جوش چشمی	۳
۵	بازرسی جوش لوله	۳
۶	عیوب جوش و علل پیدایش آن	۱
۷	پیچیدگی در قطعه جوش و راه‌های پیشگیری	۱
۸	سوپروایزر اجرایی piping (اجرا، طراحی، جوش، دفترنی، QC، عایق و رنگ)	۲
۹	آزمایش‌های غیرمخرب: آزمون دوره UT، دوره PT، آزمون دوره RTI (I, II)، MT	آزمون دوره UT: ۳ روز آزمون دوره PT: ۱ روز آزمون دوره MT: ۱ روز RTI (I, II): ۵ روز
۱۰	بازرسی و کنترل کیفیت	۵
۱۱	بازرسی مخازن تحت فشار	۳
۱۲	عملیات حرارتی در جوشکاری	۲
۱۳	متالورژی جوشکاری و جوشکاری فولادهای زنگ‌نزن	۲

### بسته روش‌های آنالیز مواد

ردیف	عنوان دوره	تعداد روزهای برگزاری
۱	پرتونگاری صنعتی	۴
۲	متالوگرافی شامل: متالوگرافی نوری، متالوگرافی الکترونی	۲
۳	متالوگرافی کمی و کیفی آلیاژهای آهنی	۱
۴	متالوگرافی کمی و کیفی آلیاژهای غیرآهنی	۱
۵	آنالیز کمی شامل: کوانتومتری، اسپکترومتری	۱
۶	روش‌های نوین آنالیز مواد	۲

### بسته استاندارد

ردیف	عنوان دوره	تعداد روزهای برگزاری
۱	شناخت و ارزیابی عیوب ناشی از فرایندهای ساخت بر طبق استانداردهای مهم بین‌المللی	۲
۲	آشنایی با استانداردهای کارخانه، ملی، منطقه‌ای و بین‌المللی	۳
۳	اصول استاندارد کردن و تدوین استانداردها	۳

بسته ذوب

ردیف	عنوان دوره	تعداد روزهای برگزاری
۱	تولید چدن در کوره بلند	۱
۲	تکنولوژی ذوب فولادهای آلیاژی در کوره‌های قوس الکتریکی	۲

بسته شناسایی و انتخاب مواد

ردیف	عنوان دوره	تعداد روزهای برگزاری
۱	کلید فولاد	۱
۲	شناسایی فولادها، چدن‌ها و کاربرد آنها	۲
۳	انتخاب مواد جهت کاربرد در دمای بالا	۱
۴	انتخاب مواد مقاوم به خستگی	۱

بسته انرژی

ردیف	عنوان دوره	تعداد روزهای برگزاری
۱	بهینه‌سازی مصرف انرژی در صنایع فولاد	۲
۲	مدیریت انرژی (عمومی): - مبانی بهینه‌سازی مصرف انرژی - بهینه‌سازی مصرف انرژی در سیستم‌های حرارتی - بهینه‌سازی مصرف انرژی الکتریکی - بهینه‌سازی مصرف انرژی در بویلرها	۶
۳	بهینه‌سازی مصرف انرژی در سیستم‌های حرارتی: - بهینه‌سازی مصرف انرژی حرارتی و مدیریت احتراق - مدیریت انرژی در سیستم‌های بخار - محاسبات حرارت و فنون اندازه‌گیری	۶
۴	بهینه‌سازی مصرف انرژی در سیستم‌های الکتریکی - بهینه‌سازی مصرف انرژی الکتریکی و فنون اندازه‌گیری - بهینه‌سازی مصرف انرژی در کمپرسورها - بهینه‌سازی مصرف انرژی در روشنایی و ترانسفورماتورها - مدیریت بار	۶

کمیته آموزش انجمن آهن و فولاد ایران

## انشارات آهن و فولاد

ردیف	عنوان	گردآورنده	تاریخ انتشار	مبلغ (ریال)
۱	مجموعه مقالات سمپوزیوم فولاد ۷۵	دانشکده مهندسی مواد دانشگاه صنعتی اصفهان	مهر ۱۳۷۵	۴۰/۰۰۰
۲	مجموعه مقالات سمپوزیوم فولاد ۷۸	انجمن آهن و فولاد ایران	اردیبهشت ۱۳۷۸	۵۰/۰۰۰
۳	مجموعه مقالات سمپوزیوم فولاد ۷۹	انجمن آهن و فولاد ایران	بهمن ۱۳۷۹	۵۰/۰۰۰
۴	مجموعه مقالات سمپوزیوم فولاد ۸۰	انجمن آهن و فولاد ایران	بهمن ۱۳۸۰	۵۰/۰۰۰
۵	مجموعه مقالات سمپوزیوم فولاد ۸۱	انجمن آهن و فولاد ایران	بهمن ۱۳۸۱	۶۰/۰۰۰
۶	مجموعه مقالات سمپوزیوم فولاد ۸۲	انجمن آهن و فولاد ایران	بهمن ۱۳۸۲	۷۰/۰۰۰
۷	مجموعه مقالات سمپوزیوم فولاد ۸۳	انجمن آهن و فولاد ایران	اسفند ۱۳۸۳	۸۰/۰۰۰
۸	مجموعه مقالات سمپوزیوم فولاد ۸۴	انجمن آهن و فولاد ایران	اسفند ۱۳۸۴	۸۵/۰۰۰
۹	مجموعه مقالات سمپوزیوم فولاد ۸۵	انجمن آهن و فولاد ایران	اسفند ۱۳۸۵	۹۵/۰۰۰
۱۰	مجموعه مقالات سمپوزیوم فولاد ۸۶	انجمن آهن و فولاد ایران	بهمن ۱۳۸۶	۱۰۵/۰۰۰
۱۱	مجموعه مقالات سمپوزیوم فولاد ۸۷	انجمن آهن و فولاد ایران	اسفند ۱۳۸۷	۱۲۰/۰۰۰
۱۲	مجموعه مقالات سمپوزیوم فولاد ۸۸	انجمن آهن و فولاد ایران	اسفند ۱۳۸۸	۱۵۰/۰۰۰
۱۳	مجموعه مقالات سمپوزیوم فولاد ۸۹	انجمن آهن و فولاد ایران	اسفند ۱۳۸۹	۲۰۰/۰۰۰
۱۴	مجموعه مقالات سمپوزیوم فولاد ۹۰	انجمن آهن و فولاد ایران	اسفند ۱۳۹۰	۲۵۰/۰۰۰
۱۵	جزوه بهبود مستمر در صنعت با استفاده از نگرش کایزن	مهندس عبدالله اعزازی	آذر ۱۳۸۰	۶/۰۰۰
۱۶	جزوه شناخت، ارزیابی و کنترل آخالها در فولاد همراه با ضمیمه	دکتر احمد کرمانپور	مرداد ۱۳۸۱	۴۶/۰۰۰
۱۷	کتاب جوشکاری فولادهای صنعتی	مهندس عبدالوهاب ادب آوازه	تیرماه ۱۳۸۲	۱۰/۰۰۰
۱۸	Physical Metallurgy of Steel (2001)	Glyn Meyrick- Robert H. wagoner- wei Gan	زمستان ۸۲	۱۰/۰۰۰
۱۹	Introduction to the Economics of Structural Steel Work (2001)	The Southern African Institute of Steel Construction	زمستان ۸۲	۱۰/۰۰۰



ردیف	عنوان	گردآورنده	تاریخ انتشار	مبلغ (ریال)
۲۰	Steels "Microstructure and Properties", Third Edition	H. K. D. H. Bhadeshia and Sir Robert Honeycombe	شهریور ۸۷	۴۵/۰۰۰
۲۱	Advanced High Strength Steel (AHSS) Application Guidelines, Version 3	International Iron & Steel Institute	شهریور ۸۷	۱۵/۰۰۰
۲۲	کتاب فولادسازی ثانویه	مهندس محمدحسین نشاطی	شهریورماه ۸۴	۴۸/۰۰۰
۲۳	کتاب فرهنگ جامع مواد	مهندس پرویز فرهنگ	شهریورماه ۸۸	۱۸۰/۰۰۰
۲۴	فصلنامه علمی - خبری پیام فولاد از شماره ۱ لغایت شماره ۴۴	انجمن آهن و فولاد ایران	از پائیز ۷۹ لغایت پاییز ۹۰	۲۵/۰۰۰
۲۵	مجله علمی - پژوهشی بین‌المللی انجمن آهن و فولاد ایران (International Journal of Iron & Steel Society of Iran)	انجمن آهن و فولاد ایران	از زمستان ۸۳ لغایت بهار ۸۹	افراد حقیقی ۵۰/۰۰۰ مؤسسات حقوقی ۱۰۰/۰۰۰
۲۶	کتاب راهنمای انتخاب و کاربرد فولاد ابزار	مهندس محمدحسین نشاطی	اسفندماه ۸۸	۵۰/۰۰۰
۲۷	کتاب مرجع فولاد	مهندس محمدحسن جولزاده	آذرماه ۸۹	۳۰/۰۰۰
۲۸	کتاب مرجع فولاد ۱۳۹۰	مهندس محمدحسن جولزاده	آذرماه ۹۰	۴۵/۰۰۰

در ضمن هزینه پست سفارشی به مبلغ فوق اضافه خواهد شد. جهت کسب اطلاعات بیشتر با شماره تلفن ۲۴-۳۹۳۲۱۲۱ (۰۳۱۱) دفتر مرکزی انجمن آهن و فولاد ایران تماس حاصل نمایید.





ISSI

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

توجه: لطفاً در قسمتهای هاشور رده، جبری نویسد و نام و نام خانوادگی و محل کار خود را به لاتین در محل مربوطه بنویسد.

<input type="text"/>	نوع عضویت	<input type="text"/>	کسب عضویت
----------------------	-----------	----------------------	-----------

Name	<input type="text"/>	<input type="text"/>	نام
Family	<input type="text"/>	<input type="text"/>	نام خانوادگی
Company	<input type="text"/>	<input type="text"/>	نام محل کار
<input type="text"/>	تاریخ تولد	<input type="text"/>	سمت سازمانی
<input type="text"/>	محل تولد	<input type="text"/>	شماره شناسنامه

<input type="text"/>	آدرس محل کار
<input type="text"/>	کد پستی محل کار
<input type="text"/>	تلفن محل کار
<input type="text"/>	صندوق پستی
<input type="text"/>	دورنویس

<input type="text"/>	آدرس مکاتبه
<input type="text"/>	کد پستی
<input type="text"/>	تلفن
<input type="text"/>	تلفن همراه
<input type="text"/>	E-mail
<input type="text"/>	صندوق پستی

<input type="text"/>	آخرین مدرک تحصیلی
<input type="text"/>	رشته تحصیلی
<input type="text"/>	دانشگاه اخذ آخرین مدرک
<input type="text"/>	سال دریافت مدرک
<input type="text"/>	کشور/شهر دریافت مدرک

<input type="text"/>	تاریخ شروع عضویت
<input type="text"/>	تعداد سال عضویت
<input type="text"/>	تاریخ انعام عضویت
<input type="text"/>	توضیحات

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 ۳×۴.

۳- فیش بانکی به مبلغ (برای مؤسسات حقوقی وابسته ۵,۰۰۰,۰۰۰ ریال، برای اعضاء حقیقی ۲,۰۰۰,۰۰۰ ریال، برای دانشجویان ۱,۰۰۰,۰۰۰ ریال) به حساب کوتاه مدت سیبا به شماره ۰۲۰۲۸۳۱۶۲۷۰۰۲ بانک ملی ایران، شعبه دانشگاه صنعتی اصفهان (کد شعبه ۳۱۸۷) به نام انجمن آهن و فولاد ایران.

۴- ارسال فیش واریزی از طریق (فکس: ۰۳۱۱-۳۹۳۲۱۲۴، پست و یا تحویل حضوری)



انجمن آهن و فولاد ایران



انجمن آهن و فولاد ایران با هدف تخصصی تر شدن مجلات علمی و تحقیقاتی در زمینه صنعت آهن و فولاد کشور و به منظور اطلاع رسانی و تقویت هر چه بیشتر پیوندهای متخصصین، اندیشمندان، دانشجویان و پژوهشگران ملی و بین المللی با کسب مجوز از وزارت علوم، تحقیقات و فناوری، مجله علمی - پژوهشی بین المللی را با عنوان:

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

منتشر می نماید.

بدینوسیله از کلیه صاحب نظران، اعضاء هیأت علمی دانشگاهها و مراکز پژوهشی و دانشجویان تحصیلات تکمیلی دانشگاهها و مؤسسات پژوهشی دعوت می گردد جهت هر چه پر بار شدن این مجله مقالات خود را به زبان انگلیسی بر اساس راهنمای موجود به آدرس زیر ارسال نمایند.

ضمناً مقالات بایستی تحت یکی از عناوین زیر تهیه گردند.

۱- آهن سازی ۲- فولادسازی ۳- ریخته گری و انجماد ۴- اصول، تئوری، مکانیزمها و کینتیک فرآیندهای دمای بالا ۵- آنالیزهای فیزیکی و شیمیایی فولاد ۶- فرآیندهای شکل دهی 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- صرفه جویی مصرف انرژی در صنعت فولاد ۱۴- اقتصاد فولاد ۱۵- مهندسی محیط زیست صنایع فولاد و ارتباطات اجتماعی ۱۶- نوسزهای مصرفی در صنایع فولاد

آدرس دبیرخانه مجله: اصفهان، بلوار دانشگاه صنعتی اصفهان، شهرک علمی تحقیقاتی اصفهان، میدان فن آوری (شیخ بهایی)، خیابان ۲، خیابان ۱۵، خیابان ۱۴، خیابان ۱۲، به سمت ساختمان فن آفرینی شماره ۱، ساختمان انجمن

آهن و فولاد ایران، کدپستی: ۸۳۱۱۱-۸۴۱۵۶

دبیرخانه مجله بین المللی انجمن آهن و فولاد ایران

تلفن: ۲۴-۳۹۳۲۱۲۱-۳۹۳۲۱۲۴ (۰۳۱۱)، دورنویس: ۳۹۳۲۱۲۴ (۰۳۱۱)

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

[www.issiran.com](http://www.issiran.com)

# International Journal of Iron & Steel Society of Iran

## INSTRUCTIONS FOR AUTHORS

**International Journal of Iron & Steel Society of Iran (ISSI)** is published semiannually by (ISSI). Original contributions are invited from worldwide ISSI members and non-members.

**1.Scope:** The scope of the journal extends from the core subject matter of iron and steel to multidisciplinary areas in the science and technology of various materials and processes. The journal provides a medium for the publication of original studies on all aspects of materials and processes including preparation, processing, properties, characterization and application.

### 2.Category:

**(1) Regular Article** (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.

**(2) 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.

**(3) 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:** All contributions should be written in English or Persian. The paper should contain an abstract both in English and Persian. However for the authors who are not familiar with Persian, The latter will be prepared by the publisher.

**4. Units:** The use of SI units is standard. Non SI units approved for use with SI are acceptable.

**5. Submission of manuscript:** Manuscripts should not be submitted if they have already been published or accepted for publication elsewhere.

The original and three copies of a manuscript, both complete with Application Form, synopsis and key words, text, references, list of captions, tables, and figures, should be sent to:

The Editorial Board of International Journal of ISSI  
The Iron and Steel Society of Iran  
Science and Technology Sheikh Bahai Park, Isfahan Science and Technology Town, Isfahan University  
of Technology Boulevard, Isfahan, 84156- 83111, Iran (Telephone): + 98 (311)-3932121-24  
(Telefax): + 98 (311)-3932124

One set of figures should be of a superior quality for direct reproduction for printing. Papers exceeding the page limits may be returned to the author for condensation prior to reviewing.

**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, one clear copy of a revised manuscript, together with the original manuscript and a letter explaining the changes made, must be resubmitted within three months.

**8. Disk-saved manuscript:** To save the printing time and cost, it is desirable for the author to supply the final manuscript of the accepted article in the form of a CD.

**9. Proofs:** The representative 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.

**10. 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.

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

# A GUIDE FOR PREPARATION OF MANUSCRIPT

**1. Estimation of length:** A journal page consists of approximately 1000 words. Figures are usually reduced to fit into one column of 84 mm width: the largest size of a figure, 110 mm×84 mm, is equivalent to 250 words.

**2. Typescript:** The typescript must be presented in the order: (1) title page, (2) synopsis and key words (except for Note), (3) text, (4) references, (5) appendices, and (6) list of captions, each of which should start on a new page. The sheet must be numbered consecutively with the title page as page 1. All the sections must be typewritten, double spaced throughout, on one side of A4 paper with ample margins all around.

(1) The title page must contain the **title**, the full name, affiliation, and mailing address of each author.

(2) A **synopsis** must state briefly and clearly the main object, scope and findings of the work within 250 words. Several **key words** are required to accompany the synopsis.

(3) The **text** in a regular article must include sufficient details to enable qualified workers to reproduce the results. Extensive literature survey is not necessary. Conclusions are convictions based on the evidence presented.

(4) **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.

## 1) Journals

Use the standard abbreviations for journal names given in the International Standard ISO 4. 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.

## 2) 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.

## 3) 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.

**3. Tables:** Tables must not appear in the text but should be prepared on separate sheets. They must have captions and simple column headings.

**4. 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 must be photographically reproducible. Each figure must appear on a separate sheet and should be identified by figure number, caption and the representative author's name. 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.

a) 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.

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

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

d) Proper places of insertion should be indicated in the right-hand margin of the text.

## Classification

1. Ironmaking
2. Steelmaking
3. Casting and Solidification
4. Fundamentals of High Temperature Processes
5. Chemical and Physical Analysis
6. Forming Processing and Thermomechanical Treatment
7. Welding and Joining
8. Surface Treatment and Corrosion
9. Transformations and Microstructures
10. Mechanical Properties
11. Physical Properties
12. New Materials and Processes
13. Energy
14. Steel Economics
15. Social and Environmental Engineering
16. Refractories



# 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، میدان فن آوری (شیخ بهایی)، خیابان ۲، خیابان ۱۵، خیابان ۱۴، خیابان ۱۲، به سمت ساختمان فن آفرینی شماره ۱، ساختمان انجمن آهن و فولاد ایران، کدپستی: ۸۳۱۱۱-۸۴۱۵۶ ارسال فرمائید.
- 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 ۲۰۰/۰۰۰ ریال می‌باشد.
- ۵- در صورت نیاز به اطلاعات بیشتر با تلفن‌های ۲۴-۳۹۳۲۱۲۱ (۰۳۱۱) تماس حاصل فرمائید.

## فرم اشتراک

پیوست 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 .....

کوچه ..... کدپستی: ..... صندوق پستی: .....

تلفن: ..... فاکس: .....

برای اعضاء انجمن این نشریه بصورت رایگان ارسال می‌گردد.

## تعارف آگهی در فصلنامه پیام فولاد

مجله پیام فولاد انجمن آهن و فولاد ایران بصورت فصلنامه بیش از ده سال است که افتخار دارد تا به عنوان نشریه علمی - خبری مطالب را به صورت تخصصی در زمینه آهن و فولاد و صنایع وابسته به آن در تیراژ ۳۰۰۰ نسخه و توزیع گسترده و پی در پی به مراکز علمی و تحقیقاتی، صنعتی، تولیدی، کارخانجات، مدیران، اساتید، کارشناسان و دانشجویان و ... در اختیار مخاطبان قرار دهد. در همین راستا این فصلنامه می تواند به عنوان ابزاری مناسب، اطلاعات همه جانبه و فراگیری را به خوانندگان خود اختصاص دهد. در جدول ذیل تعرفه ها با توجه به محل درج آگهی آورده شده است.

ردیف	شرح مورد سفارش	قیمت (ریال)
۱	یک صفحه رنگی پشت جلد مجله	۵/۵۰۰/۰۰۰
۲	یک صفحه رنگی داخل روی جلد مجله (دوم جلد)	۴/۵۰۰/۰۰۰
۳	یک صفحه رنگی داخل پشت جلد مجله (سوم جلد)	۴/۵۰۰/۰۰۰
۴	یک صفحه رنگی داخل مجله	۳/۵۰۰/۰۰۰
۵	یک صفحه سیاه و سفید داخل مجله	۲/۰۰۰/۰۰۰

### توضیحات:

- ۱- به اعضاء محترم حقوقی انجمن آهن و فولاد ایران ۱۰٪ تخفیف تعلق می گیرد.
- ۲- به هر چهار تبلیغ متوالی از یک شرکت که بصورت سالیانه در نشریه چاپ گردد، ۱۰٪ تخفیف تعلق می گیرد.
- ۳- چنانچه آگهی رنگی نیاز به طراحی داشته باشد مبلغ ۶۰۰/۰۰۰ ریال به هزینه های فوق اضافه خواهد شد.
- ۴- قطع مجله A<sub>۴</sub> می باشد.
- ۵- متقاضیان درج آگهی در فصلنامه پیام فولاد، لازم است پس از انتخاب محل درج آگهی (طبق جدول فوق) مبلغ مربوطه را به حساب شماره ۰۲۰۲۸۳۱۶۲۷۰۰۲ بانک ملی ایران شعبه دانشگاه صنعتی اصفهان (کد شعبه ۳۱۸۷) بنام انجمن آهن و فولاد ایران واریز و فیش مربوطه را به پیوست فرم تکمیل شده ذیل به شماره تلفن ۰۳۱۱-۳۹۳۲۱۲۴ فاکس نمایند.

### فرم مشخصات متقاضی درج آگهی در فصلنامه پیام فولاد

اینجانب ..... با سمت ..... در شرکت ..... با آگاهی کامل از مفاد متن فوق،  
 متقاضی درج آگهی در فصلنامه پیام فولاد با مشخصات ردیف ..... از جدول فوق می باشم و مبلغ مربوطه را با احتساب  
 توضیحات شماره های ..... و ..... به مبلغ ..... ریال به حساب  
 انجمن آهن و فولاد ایران واریز نموده ام که فیش آن پیوست می باشد.  
 امضاء:



## تهیه مقاله برای فصلنامه پیام فولاد

- ۵- جداول و نمودارها با سطر بندی و ستون بندی مناسب ترسیم شده و در مورد جداول شماره و شرح آن در بالا و در مورد اشکال در زیر آن درج گردد. واحدهای سیستم بین المللی (SI) برای واحدها در نظر گرفته شود.
- ۶- تصاویر و عکس ها: اصل تصاویر و عکس ها باید به ضمیمه مقاله ارسال شود. در مورد مقالات ترجمه شده ارسال اصل مقاله همراه با تصاویر و عکس های آن ضروری است.
- ۷- واژه ها و پی نوشت ها: بالای واژه های متن مقاله شماره گذاری شده و اصل لاتین واژه با همان شماره در واژه نامه ای که در انتهای مقاله تنظیم می گردد درج شود.
- ۸- منابع و مراجع: در متن مقاله شماره مراجع در داخل کروشه [ ] آورده شود و با همان ترتیب شماره گذاری 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.
- ۳- ترجمه
- ۴- فنی (مطالعات موردی) \*

### سایر نکات مهم

- تایپ مقالات صرفاً با نرم افزار Microsoft Word انجام شود.
- از تایپ شماره صفحه خودداری شود.
- مطالب تنها بر یک روی کاغذ A<sub>4</sub> (۲۹۷×۲۱۰ میلی متر) 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 عکس ها بر عهده نویسندگان / مترجمان مقاله است.
- فصلنامه پیام فولاد از بازگرداندن مقاله معذور است.

فصلنامه پیام فولاد با هدف انتشار یافته های علمی - پژوهشی و آموزشی - کاربردی در جهت ارتقاء سطح دانش فولاد و صنایع وابسته در این زمینه می باشد. لذا برای تحقق این هدف انجمن آهن و فولاد ایران آمادگی خود را جهت انتشار دستاوردهای تحقیقاتی محققان گرامی بصورت مقاله های علمی و فنی در زمینه های مختلف صنایع فولاد اعلام می نماید.

### راهنمای تهیه مقاله

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

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

ج) مقالات می توانند در یکی از بخش های زیر تهیه شوند.

۱- تحقیقی - پژوهشی

۲- مروری

۳- ترجمه

۴- فنی (مطالعات موردی) \*

لطفاً مقالات خود را بصورت کامل حداکثر در ۱۰ صفحه A<sub>4</sub> و طبق دستورالعمل زیر تهیه و به همراه سی دی 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 آزمایش ها، نتایج و بحث، نتیجه گیری و مراجع

\*مقالات موردی می تواند شامل چکیده، نتایج، بحث، جمع بندی و در صورت نیاز مراجع باشد. رعایت سایر موارد ذکر شده فوق در مورد مقالات موردی الزامی است.