



انجمن آهن و فولاد ایران

# پیام فولاد

## ۱۳۹۴

فصلنامه علمی - خبری انجمن آهن و فولاد ایران  
زمستان - شماره ۱۱

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  
مدیرمسئول و سردبیر: دکتر حسین ادريس  
هیأت تحریریه:

دکتر عباس نجفی‌زاده (استاد دانشگاه صنعتی اصفهان)

دکتر حسین ادريس (استاد دانشگاه صنعتی اصفهان)

دکتر علی شفیعی (دانشیار دانشگاه صنعتی اصفهان)

دکتر مرتضی شمعیان (استاد دانشگاه صنعتی اصفهان)

دکتر کیوان رئیسی (دانشیار دانشگاه صنعتی اصفهان)

دکتر احمد ساعتچی (استاد دانشگاه صنعتی اصفهان)

دکتر بهروز ارباب‌شیرانی (استادیار دانشگاه صنعتی اصفهان)

مهندس محمدحسن جولازاده (شرکت آژینه گستر اسپادانا)

مدیر اجرایی: مهندس مرتضی صالحی

مدیر روابط عمومی: فریدون واعظزاده

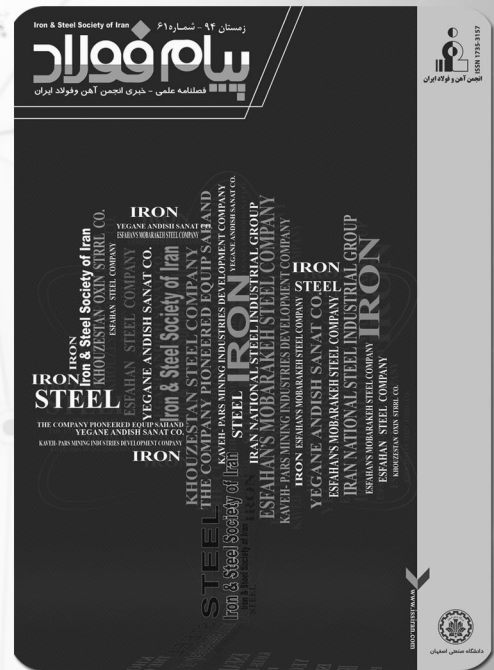
طراحی جلد و صفحه‌آرایی: الهام معینی

ناشر: انجمن آهن و فولاد ایران

خدمات نشر: ارکان دانش

شمارگان: ۱۰۰۰ نسخه

بهاء: ۶۰۰۰ ریال



نشانی: اصفهان، دانشگاه صنعتی اصفهان، شهرک علمی تحقیقاتی اصفهان، پارک علم و فناوری شیخ بهایی، انجمن آهن و فولاد ایران، کدپستی: ۸۳۱۱۱-۸۴۱۵۶  
تلفن: ۰۳۱-۳۳۹۳۲۱۲۱-۲۴، ۰۳۱-۳۳۹۳۲۱۲۴، تلفکس: ۰۳۱-۳۳۹۳۲۱۲۴

E-mail: info@issiran.com

www.issiran.com



# سخن سردبیر

## سر مقاله

شماره حاضر مجله پیام فولاد که همراه با سمپوزیوم فولاد ۹۴ آماده‌سازی گردید، شامل سه مقاله علمی-کاربردی می‌باشد. در این مقاله‌ها در مورد مکانیزم چسبندگی گندله‌های سنگ آهن در زمان احیاء بحث شده است. همچنین اصول عملیات روش VD/VOD جهت تولید فولادهای زنگ‌نزن فریتی با کربن فوق‌العاده کم بیان شده است. با توجه به اهمیت مقدار کربن در فولادهای زنگ‌نزن فریتی چند مکانیزم مورد استفاده قرار می‌گیرد که در این مقاله کاهش فشار محیط جهت کاهش کربن و نیتروژن استفاده شده است. در مقاله آخر در مورد تولید فولادهای پیشرفته ترمودینامیکی و تأثیر عناصر میکروآلیاژی بیان شده است. در دیگر بخش‌های این نشریه مطالب مختلف در رابطه با صنایع فولاد آورده شده است که امیدوارم حداقل بخشی از مطالب این شماره مورد استفاده شما همکار گرامی در دانشگاه و صنعت قرار گیرد.

دکتر حسین ادريس  
مدیر مسئول و سردبیر فصلنامه پیام فولاد

# چسبندگی گندله های سنگ آهن به هنگام احیا در حضور مخلوط هیدروژن و کربن مونوکسید: رفتار و مکانیزم<sup>۱</sup>

ترجمه: مهندس حسین زرین پور، مهندس اسدالله فرشاد، مهندس احمد کریمی  
شرکت آهن و فولاد غدیر ایرانیان

## چکیده

در عمده روش های احیا مستقیم از مخلوط هیدروژن و کربن مونوکسید به عنوان عوامل احیا کننده استفاده می شود. چسبیدن گندله های آهن اکسیدی در طول فرایند احیا همواره منجر به اختلال و ناپیوستگی تولید می گردد، به همین منظور بررسی تأثیر دما، ترکیب گاز احیا و درجه احیا بر چسبندگی گندله ها با احیای گندله های سنگ آهن در حضور مخلوط گاز H<sub>2</sub>-CO و در دمای ۸۰۰ تا ۱۰۰۰ درجه سانتی گراد انجام گرفت. نتایج نشان داد که در دماهای پایین وجود آهن فیبری شکل در فصل مشترک ناحیه چسبندگی باعث گیر افتادن گندله ها در کنار یکدیگر می شود، درحالی که در دماهای بالا زینترشدن آهن تازه شکل گرفته با فعالیت بالا منجر به افزایش ضریب چسبندگی (SI) شد. اضافه کردن H<sub>2</sub> به گاز احیایی منجر به رسوب آهن متخلخل در فصل مشترک شده و ضریب چسبندگی را کاهش داد. در ابتدا چسبندگی در لبه های زاویه دار اتفاق افتاد و سپس با افزایش درجه احیا به مناطق گسترده تر کشیده شد. چسبندگی در دمای پایین را می توان به اتصال و باندشدن فاز وستیت نسبت داد. در درجه احیای بالا کریستالیزاسیون فاز آهن و تشکیل فاز یوتکتیک زود ذوب فاکتورهای غالب خواهند بود.

## ۱. مقدمه

در چند دهه گذشته احیا مستقیم به یکی از مهمترین روش های تولید آهن تبدیل شده است. نزدیک به ۷۵٪ آهن احیا مستقیم تولید شده در جهان به روش میدرکس یا HYL و با استفاده از گاز ترکیبی به عنوان عامل احیا کننده به دست می آید. یکی از مهمترین مشکلاتی که این کوره ها با آن مواجه هستند چسبندگی دانه گندله های سنگ آهن به یکدیگر است. این آگلومره شدن غیرارادی گندله موجب ناپیوسته شدن فرایند تولید می گردد. پدیده چسبندگی در طول احیای گندله آهن اکسیدی علل مختلفی مانند تشکیل آهن فیبری شکل دارد.

چسبندگی می تواند توسط دما، نوع و اندازه آهن اکسیدی، میزان گانگ، مراحل احیا و اضافه کردن هیدروژن به گاز احیایی تحت تأثیر قرار گیرد. مطالعات جی.فنگ<sup>۲</sup> نشان داد در یک دمای معین تمایل به چسبندگی به شدت متأثر از خواص سنگ آهن و عوامل احیا کننده است. شکل ظاهری و بیرونی سنگ آهن نیز بر چسبندگی تأثیرگذار است. شکل کروی تمایل به چسبندگی به مراتب کمتری در مقایسه با شکل زاویه دار دارد. آران<sup>۳</sup> نشان داد که افزایش مقدار گانگ در سنگ آهن موجب کاهش تمایل به چسبندگی خواهد شد. از طرف دیگر سنگ آهن های با نسبت بالای گانگ ممکن است موجب کاهش دمای ذوب شوند که این موضوع می تواند باعث افزایش چسبندگی گردد. از نظر عامل احیا، ساختار متخلخل به دست آمده از احیای CO خشن تر از ساختار احیا به وسیله H<sub>2</sub> است در نتیجه با افزودن مقدار کمی هیدروژن رشد آهن فیبری کاهش یافته و در صورتی که میزان گاز H<sub>2</sub> اضافه شده قابل توجه باشد رشد آهن فیبری متوقف خواهد شد. بر پایه مطالعات و تحقیقاتی که تا کنون روی احیای آهن اکسیدی انجام شده سه مکانیزم مختلف برای چسبندگی آهن اکسیدی پیشنهاد گردیده است. اولین نوع چسبندگی به دلیل رسوب آهن تازه احیا شده با انرژی سطحی بالا ایجاد می شود. این آهن نیروی کشش قوی بین ذرات سنگ آهن احیا شده ایجاد می کند. دومین نوع چسبندگی با رسوب ویسکرها<sup>۴</sup> آهن روی سطح ذرات ظاهر می شود. نوع سوم با تشکیل یک فاز مایع در منطقه فوق گرمایش<sup>۵</sup> رخ می دهد که می تواند به دلیل وجود گانگ و ایجاد یک فاز یوتکتیک زود ذوب (CaO-SiO<sub>2</sub>-FeO) باعث به هم چسبیدن گندله ها به یکدیگر شود.

۱- این متن ترجمه کاملی از مقاله زیر است:

Sticking of iron ore pellets during reduction with hydrogen and carbon monoxide mixtures: Behavior and mechanism, L. Yi, Z. Huang, T. Jiang, Powder Technology 235 (2013) 1001-1007

<sup>2</sup> J. Fang

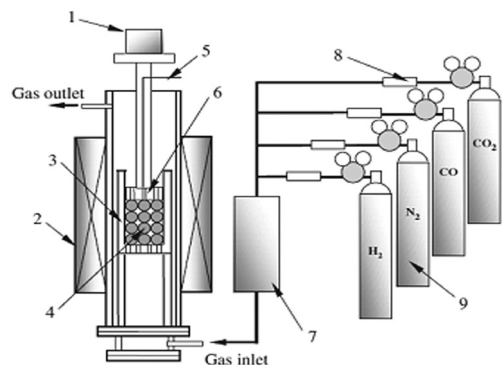
<sup>3</sup> A. Aran

<sup>4</sup> iron whiskers

<sup>5</sup> overheated zone



شماتیک دستگاه انجام آزمایش و جریان گاز سیستم استفاده شده در این آزمایش در شکل ۱ نمایش داده شده است. برای هر آزمایش احیا ۵۰۰ گرم نمونه گندله حرارت داده شده تا به دمای مورد نیاز برسند. سپس در مخلوط گازی با نرخ فلوی  $0.6 \text{ m}^3/\text{h}$  احیا شدند. در نهایت گندله‌های احیا شده در اتمسفر نیتروژن تا دمای محیط سرد شدند.



شکل ۱. شماتیک دستگاه احیا.

گندله‌های چسبیده به هم شامل کلاسترهای بیش از دو گندله، ۱۰ بار از ارتفاع ۱ متری بر روی یک سطح فولادی رها شدند. بعد از هربار رها شدن درصد کلاسترهای باقیمانده محاسبه گردید. در نهایت نمودار تعداد دفعات رها شدن بر حسب درصد کلاسترها رسم شد. ضریب چسبندگی<sup>۲</sup> (SI) به عنوان منطقه زیر منحنی تعریف شد. هنگامی که هیچ کلاستری نداشته باشیم SI برابر صفر و هنگامی که همه گندله‌ها به صورت کلاستر باقی بمانند و هیچگونه تجزیه‌ای بعد از تست رها شدن نداشته باشند SI برابر ۱۰۰ خواهد بود. درجه احیا به عنوان کسر جرمی اکسیژن حذف شده گندله اکسیدی در طول احیا محاسبه شد. مورفولوژی نمونه‌ها توسط میکروسکوپ نوری (Leica DMRXP) و میکروسکوپ الکترونی (FEI Quanta-200) تجهیز شده با EDS مورد بررسی قرار گرفتند.

### ۳. نتایج و بحث

آزمایش مشابه آنچه در بخش ۲ شرح داده شد انجام گرفت. چسبندگی گندله‌های سنگ آهن در طول احیا در شکل ۲ نشان داده شده است. همانطور که مشاهده می‌شود دانه‌های گندله آهن اکسیدی بعد از احیا تشکیل کلاستر داده‌اند. تمایل به کلاستر شدن و ضریب چسبندگی به ترتیب بر حسب دما، ترکیب گاز و درجه احیا بررسی شد. همچنین اثر مکانیزیم‌های هر کدام از این فاکتورها به صورت کامل مورد مطالعه قرار گرفت.

در فرایند احیای آهن، گاز  $\text{H}_2$  از مزایای قابل توجهی مانند ظرفیت احیاکنندگی بهتر، پتانسیل کافی برای کاهش انرژی مصرفی و کاهش گازهای گلخانه‌ای نسبت به  $\text{CO}$  برخوردار است. برای رسیدن به تولید روان و پیوسته در احیا مستقیم درک بهتر از رفتار چسبندگی گندله‌های سنگ آهن در طول احیا توسط مخلوط  $\text{H}_2$  و  $\text{CO}$  گازی ضروری است. بنابراین تحقیقی کامل روی چسبندگی گندله‌ها در حضور گاز  $\text{H}_2$ ،  $\text{CO}$  و گاز ترکیبی در میدرکس، HYL و فرایند تولید گاز احیایی با ذغال<sup>۱</sup> انجام گرفت. تأثیر دما، ترکیب گاز احیایی و درجه احیا نیز بررسی گردید.

## ۲. مواد و روش آزمایش

### ۲.۱. مواد آزمایش

نمونه گندله‌های آهن اکسیدی مورد استفاده در این تحقیق توسط یک کارخانه گندله‌سازی در چین تأمین شد. ترکیب شیمیایی گندله‌های سنگ آهن در جدول ۱ نشان داده شده است. گندله‌های شارژ شده در رنج اندازه بین ۱۲/۵ تا ۱۶ میلی‌متر و متوسط استحکام خردشوندگی  $2973 \text{ N/pellet}$  قرار داشتند.

جدول ۱. ترکیب شیمیایی گندله‌های اکسیدی آهن.

Composition	$\text{Fe}_2\text{O}_3$	FeO	$\text{SiO}_2$	$\text{Al}_2\text{O}_3$	MgO	CaO	LOI
Mass%	91.68	0.24	5.31	1.55	0.61	0.56	0.14

LOI - Loss Of Ignition

از  $\text{H}_2$ ،  $\text{CO}$ ،  $\text{CO}_2$  و  $\text{N}_2$  خلوص بالا (۹۹/۹۹٪) به عنوان گاز آزمایش استفاده شد. برای شبیه سازی تولید گاز احیایی با ذغال (شماره ۲)، گاز میدرکس (شماره ۳) و گاز HYL (شماره ۴) مطابق جدول ۲ و بر اساس تحقیقات گذشته از نسبت‌های مختلف گاز  $\text{H}_2$ ،  $\text{CO}$ ،  $\text{CO}_2$  و  $\text{N}_2$  در مخلوط گاز احیایی استفاده شد.

جدول ۲. ترکیب شیمیایی گاز احیا.

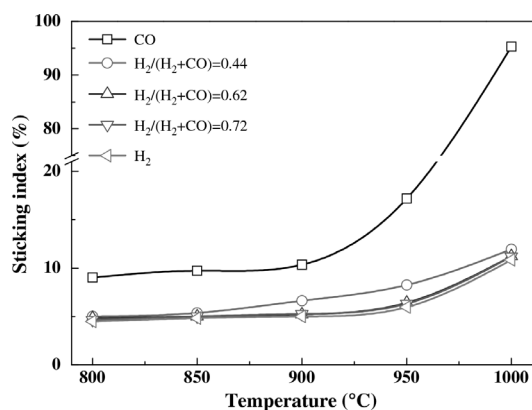
No.	$\text{H}_2$ vol%	CO vol%	$\text{CO}_2$ vol%	$\text{N}_2$ vol%	$\text{H}_2/(\text{H}_2+\text{CO})$
1	0.0	90.0	2.0	8.0	0.0
2	40.0	50.0	2.0	8.0	0.44
3	55.4	34.6	2.0	8.0	0.62
4	65.0	25.0	2.0	8.0	0.72
5	90.0	0.0	2.0	8.0	1.0

### ۲.۲. روش آزمایش

گندله‌های سنگ آهن به صورت هم‌دما در دمای  $1000^\circ\text{C}$  -  $800^\circ\text{C}$  تحت بار  $0.1 \text{ kg/cm}^2$  توسط گاز ترکیبی احیا شدند.

<sup>1</sup> Coal gasification

<sup>2</sup> Sticking index



شکل ۳. تأثیر دمای احیا بر ضریب چسبندگی در محیط‌های مختلف.

در بازه دمایی ۸۰۰ تا ۹۰۰ درجه سانتی‌گراد با تغییر دما شاخص چسبندگی برای تمامی محیط‌ها تقریباً ثابت و نزدیک به یکدیگر است. اما با افزایش دما تا ۹۵۰ °C و سپس رسیدن به دمای ماکزیمم ۱۰۰۰ °C شاخص چسبندگی به طور محسوسی افزایش پیدا می‌کند. بنابراین می‌توان ۹۵۰ °C را دمای عطف<sup>۱</sup> تمایل‌گنده‌ها به چسبندگی در نظر گرفت. در محیط گاز CO در محدوده دمایی ۸۰۰-۹۰۰ °C شاخص چسبندگی تقریباً ۱۰٪ است که با افزایش دما به ۹۵۰ و ۱۰۰۰ درجه سانتی‌گراد این مقادیر به ترتیب به ۱۷/۱۹٪ و ۹۵/۲۸٪ افزایش می‌یابد. برای محیط کاملاً H<sub>2</sub> شاخص چسبندگی از ۵٪ برای دمای ۸۰۰ °C به ۱۰٪ برای دمای ۱۰۰۰ °C افزایش پیدا کرده است. با افزایش دما انرژی سطحی آهن فلزی افزایش یافته و در نتیجه نیروی چسبندگی بین دو گندله تقویت می‌گردد. گلونسکی<sup>۲</sup> نشان داد که در دماهای بالاتر از دمای تامان<sup>۳</sup> انرژی سطحی زیاد آهن فلزی به عنوان یک نیروی محرک برای چسبندگی عمل می‌کند. شائو<sup>۴</sup> و همکارانش با تحقیق روی چسبندگی پودر آهن در یک راکتور بستر سیال متوجه شدند که با افزایش دما قطر ذرات آهن بعد از آگلومراسیون افزایش پیدا کرده که این موضوع با نتایج شکل ۳ تطبیق دارد.

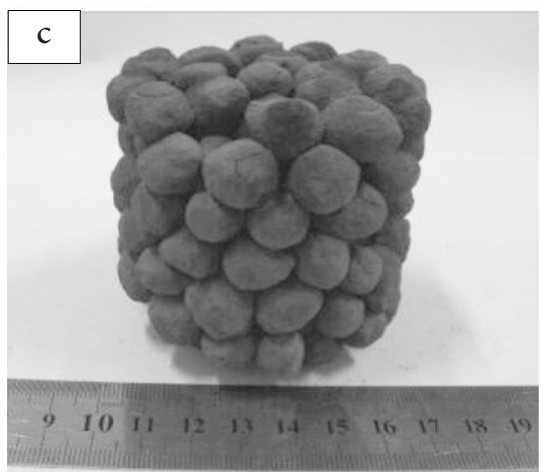
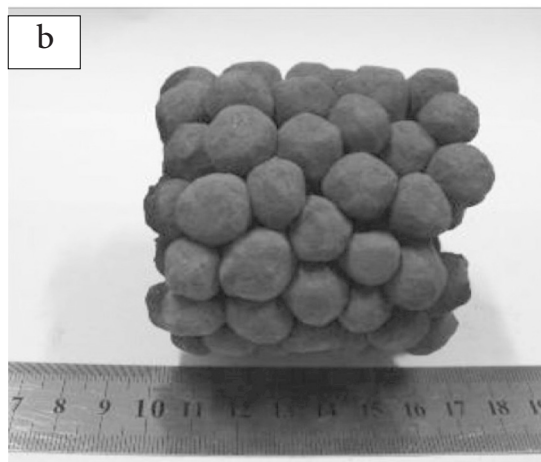
اثرگذاری دما بر ویژگی‌ها و مشخصات آهن رسوب کرده دلیل دیگری برای تغییرات ضریب چسبندگی است. به منظور بررسی این موضوع مورفولوژی سطح مشترک چسبندگی در دماهای مختلف به وسیله میکروسکوپ الکترونی آنالیز شد. شکل ۴(a) فصل مشترک شکل گرفته بین گندله‌های اکسیدی حین احیا را نشان می‌دهد. مورفولوژی فصل مشترک ناحیه چسبیده به

<sup>1</sup> inflection temperature

<sup>2</sup> Golunski

<sup>3</sup> Tammann temperature

<sup>4</sup> Shao



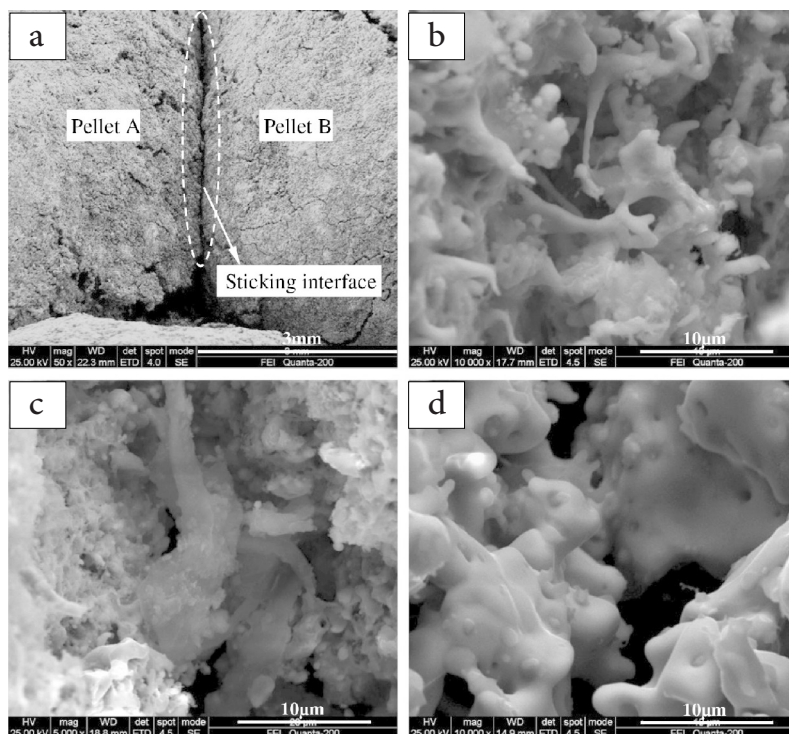
شکل ۲. کلاستر شدن گندله‌های آهن حین احیا.

### ۱.۳. تأثیر دما

تأثیر دما بر شاخص چسبندگی برای پلت‌هایی که در محیط‌های مختلف تا ۹۰٪ احیا شده‌اند در شکل ۳ نشان داده شده است. این شکل نشان می‌دهد که افزایش دما به طور مشخص باعث افزایش شاخص چسبندگی در تمامی محیط‌ها می‌شود.

بهبود فرایند نفوذ و کریستاله شدن و تشکیل آهن جدید شود. بنابراین چسبندگی افزایش می یابد، هرچند هنوز اتصال نسبت به دمای  $1000^{\circ}\text{C}$  از استحکام کمتری برخوردار است. در شکل ۴(d) فصل مشترک بین گندله های احیا شده در دمای  $1000^{\circ}\text{C}$  را مشاهده می کنید. این شکل نشان می دهد که میزان آهن رسوب کرده روی فصل مشترک افزایش یافته است. آهن تازه تشکیل شده با اکتیویته و انرژی چسبندگی بالا به راحتی یک فصل مشترک کوچک تشکیل داده و در نتیجه شاخص چسبندگی را افزایش می دهد.

هم که در دماهای  $850^{\circ}\text{C}$ ،  $950^{\circ}\text{C}$  و  $1000^{\circ}\text{C}$  تشکیل شده اند به ترتیب در شکل ۴ (b)، (c) و (d) نشان داده شده است. همانطور که در شکل ۴(b) مشاهده می شود آهن فیبری شکل روی سطح به هم چسبیده رسوب کرده است. این نوع چسبندگی معمولاً در دماهای پایین و با برخورد سوزن ها<sup>۱</sup> به یکدیگر شروع شده و باعث قفل شدن مکانیکی پلت ها به یکدیگر می شود. مطابق شکل ۴(c) با افزایش دما تا  $950^{\circ}\text{C}$  فیبرهای آهن رشد کرده و منجر به افزایش SI در این دما می شود. افزایش دما می تواند باعث



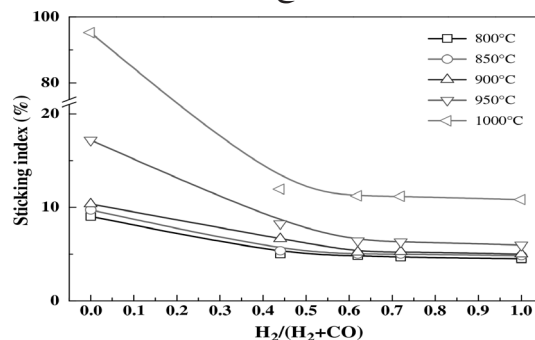
شکل ۴. مورفولوژی فصل مشترک چسبیده در دماهای مختلف.

همانطور که در شکل ۵ مشخص است افزایش  $\text{H}_2$  در گاز احیایی منجر به کاهش شاخص چسبندگی به میزان مختلف برای دماهای مختلف می شود. در محدوده دمایی  $800^{\circ}\text{C}$ – $900^{\circ}\text{C}$  تغییرات شاخص چسبندگی بسیار اندک است. SI از ۱۰٪ برای اتمسفر گاز CO به ۵٪ برای  $\text{H}_2/(\text{H}_2+\text{CO})=0.44$  افت پیدا کرده و سپس با افزایش بیشتر  $\text{H}_2$  در گاز احیایی تقریباً ثابت مانده است. اما در محدوده دمایی  $950^{\circ}\text{C}$  و  $1000^{\circ}\text{C}$  درجه سانتی گراد رفتار چسبندگی گندله ها کاملاً متفاوت است.

<sup>۱</sup> needles

### ۲.۳. تأثیر ترکیب گاز

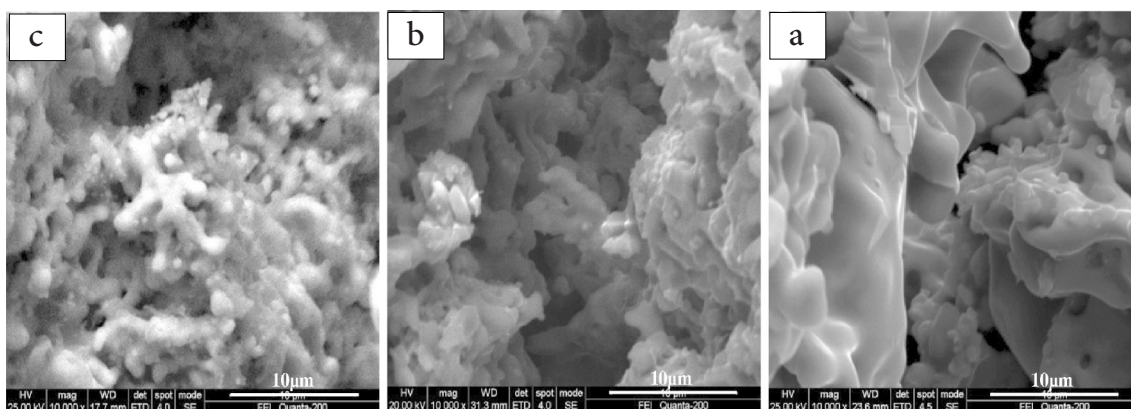
تأثیر ترکیب شیمیایی گاز در محدوده دمایی  $800^{\circ}\text{C}$ – $1000^{\circ}\text{C}$  بر ضریب چسبندگی گندله هایی که تا ۹۰ درصد احیا شده بودند مورد بررسی قرار گرفت و نتایج آن در شکل ۵ نمایش داده شد.



شکل ۵. تأثیر ترکیب شیمیایی گاز بر ضریب چسبندگی بین دو گندله در دماهای مختلف.

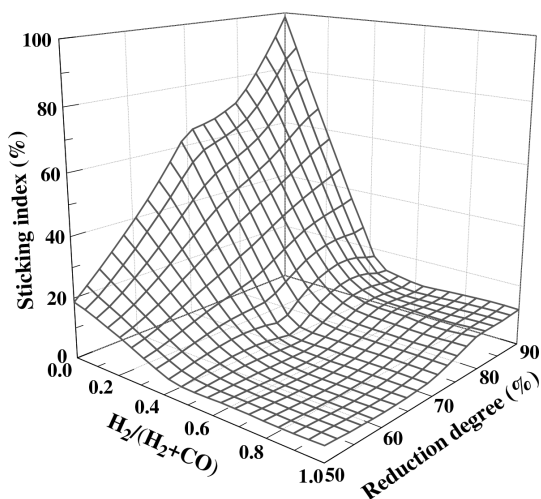
اندکی کاهش پیدا می‌کند. با توجه به توضیحات بالا مشخص می‌شود که اضافه کردن گاز  $H_2$  می‌تواند تأثیر پیشگیرانه بر چسبندگی ذرات سنگ آهن در فرایند احیا داشته باشد. برای دستیابی به اطلاعات جزئی‌تر در مورد ارتباط بین چسبندگی و ترکیب گاز شیمیایی، مورفولوژی سطح مشترک اتصال با استفاده از میکروسکوپ الکترونی در محیط‌های مختلف آنالیز شد. شکل ۶ (a) و (b) و (c) به ترتیب مورفولوژی فصل مشترک دو گندله به هم چسبیده در اتمسفر  $H_2/(H_2+CO)$  مشترک ۰.۴۴ را مطابق مباحث گفته شده در بالا نشان می‌دهد.

در اتمسفر گاز CO شاخص چسبندگی برای دماهای  $950^\circ C$  و  $1000^\circ C$  به ترتیب  $17/19^\circ C$  و  $95/28^\circ C$  بوده و سپس با افزایش  $H_2$  تا 40% ( $H_2/(H_2+CO)=0.44$ ) تا مقادیر  $8/26^\circ C$  و  $11/94^\circ C$  کاهش یافته و با افزایش بیشتر  $H_2$  ثابت باقی مانده است. تأثیر گاز  $H_2$  بر چسبندگی در دماهای بالا (مخصوصاً  $1000^\circ C$ ) کاملاً محسوس و مشخص است. این موضوع به دلیل ناچیز بودن ضریب چسبندگی در دماهای پایین‌تر از دمای عطف رخ داده است (همانطور که در بخش ۱.۳ توضیح داده شد)، بنابراین در دماهای پایین با افزایش  $H_2$  در گاز احیایی ضریب چسبندگی به میزان



شکل ۶. مورفولوژی سطح چسبیده در محیط CO (a)،  $H_2/(H_2+CO)=0.44$  (b) و  $H_2$  (c).

۳.۳. تأثیر درجه احیا  
شکل ۷ ضریب چسبندگی ثبت شده برای درجه های احیای مختلف را به صورت نمودار نشان می‌دهد.



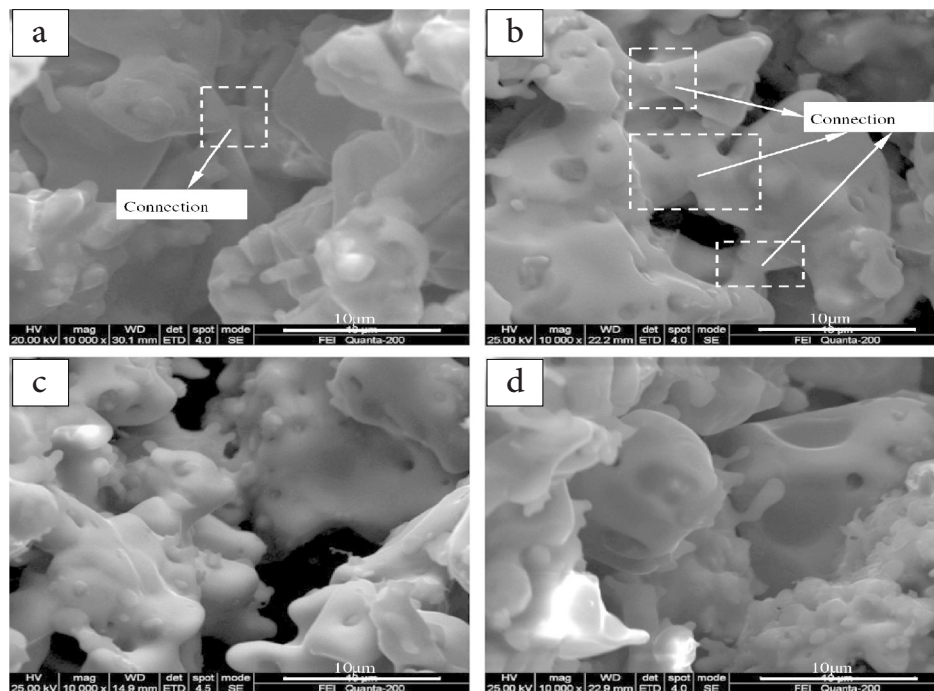
شکل ۷. تأثیر درجه احیا روی ضریب چسبندگی گندله.

این تصاویر نشان می‌دهد که رسوبات آهن در محیط‌های مختلف تفاوت‌های زیادی دارند. شکل a نشان می‌دهد که در محیط CO یک لایه متراکم آهن روی فصل مشترک رسوب کرده است. اما در هر دو اتمسفر حاوی هیدروژن رسوبات آهن متخلخل قابل مشاهده است. آهن رسوب کرده با تخلخل‌های ریز و فروان در محیط  $H_2$  (شکل c) فیبری‌تر از تخلخل‌های بزرگ در محیط مخلوط  $H_2$  و CO (شکل b) است. میزان  $H_2$  در گاز احیایی تأثیر شدیدی بر مورفولوژی آهن رسوب کرده دارد. با افزودن گاز  $H_2$  به دلیل نرخ احیای بالاتر در اتمسفر این گاز، تخلخل افزایش می‌یابد. تفاوت در جوانه زنی و شرایط نفوذ نیز می‌تواند از دیگر دلایل این پدیده باشد. ساختار متخلخل رسوب آهن روی فصل مشترک که حاصل از افزایش  $H_2$  در گازی احیایی است منجر به کاهش SI می‌شود.



احیاهای مختلف توسط میکروسکوپ الکترونی آنالیز شد. شکل ۸ (a-d) مورفولوژی فصل مشترک اتصال بین دو گندله به هم چسبیده در درجه احیای به ترتیب ۴۸/۴۶٪، ۷۰/۱۰٪ و ۸۲/۲۴٪ و ۹۲/۶۴٪ را نشان می دهد. مطابق شکل ۸ (a) در درجه احیای ۴۸/۴۶٪ سطح اتصال از نوع نقطه به نقطه و حجم زیادی فضای خالی بین دو گندله مشاهده می شود. با افزایش درجه احیا به ۷۰/۱۰٪، مطابق شکل ۸ (b) اتصالات نقطه به نقطه زینتر شده بین ذرات افزایش یافته و روی برآمدگی های بسیار ریز و میکرونی و لبه های زاویه دار<sup>۱</sup> فصل مشترک اتصالات بیشتری به وجود می آید. برخی مناطق روی فصل مشترک به دلیل شعاع کم انحنا دمای ذوبی کمتر از میزان نرمال خودشان دارند. بنابراین برخی ریزساختارها تمایل شدیدی به نرم و زینتر شدن پیدا می کنند که در نتیجه اتصال و باند بین ذرات ایجاد می شود. مطابق شکل ۸ (c) در درجه احیای ۸۲/۲۴٪ با ذوب شدن ریز انحناها و افزایش میزان آهن فلزی در سطح مشترک، سطح ذرات صاف و هموار شده و اتصالات نقطه به نقطه به اتصالات صفحه به صفحه تبدیل می شود. در نهایت اتصالات ایجاد شده رشد کرده و همزمان فضای خالی بین دو ذره نیز کاهش می یابد (شکل d)، که این موضوع باعث می شود شاخص چسبندگی به بالاترین مقدار خود در درجه احیای ۹۲/۶۴٪ برسد.

همانطور که از این شکل مشخص است به طور کلی با بالا رفتن درجه احیا ضریب چسبندگی نیز افزایش پیدا می کند. این موضوع با توجه به تشکیل آهن بیشتر در درجه احیای بالاتر و در نتیجه چسبندگی گندله ها به یکدیگر به راحتی قابل فهم است. اما با تغییر ترکیب شیمیایی گاز اختلافاتی در تغییرات ضریب چسبندگی در محیط های مختلف به وجود می آید. به طور مثال در اتمسفر  $H_2/(H_2+CO) < 0.44$  با افزایش درجه احیا، SI به شدت افزایش پیدا می کند. به خصوص در اتمسفر CO شاخص چسبندگی از ۱۸/۷۱٪ به ۶۴/۷۸٪ و سپس ۹۵/۲۸٪ به ترتیب در درجه احیای ۵۰٪، ۷۰٪ و ۹۰٪ افزایش پیدا کرده است. اما در اتمسفرهای  $H_2/(H_2+CO) > 0.44$  در ابتدا به آرامی افزایش پیدا کرده تا درجه احیا به ۸۰٪ برسد و در نهایت در درجه احیای ۹۰٪ به ۱۸/۸۸٪ خواهد رسید. بنابراین در شکل ۷ می توان مقادیر کم SI را به صورت یک گودی یا دره در منطقه  $H_2/(H_2+CO) > 0.44$  و درجه احیای کمتر از ۷۰٪ مشاهده کرد. جدا از بحث احیا، زمان نسبتاً طولانی تری که برای رسیدن به درجه احیای بالاتر مورد نیاز است موجب بالا رفتن SI می گردد چراکه زمان یکی از فاکتورهای مهم بر زینتر شدن دانه های آهن احیا شده است. برای بررسی دقیق تر تأثیر درجه احیا، مورفولوژی فصل مشترک اتصال نیز در درجه

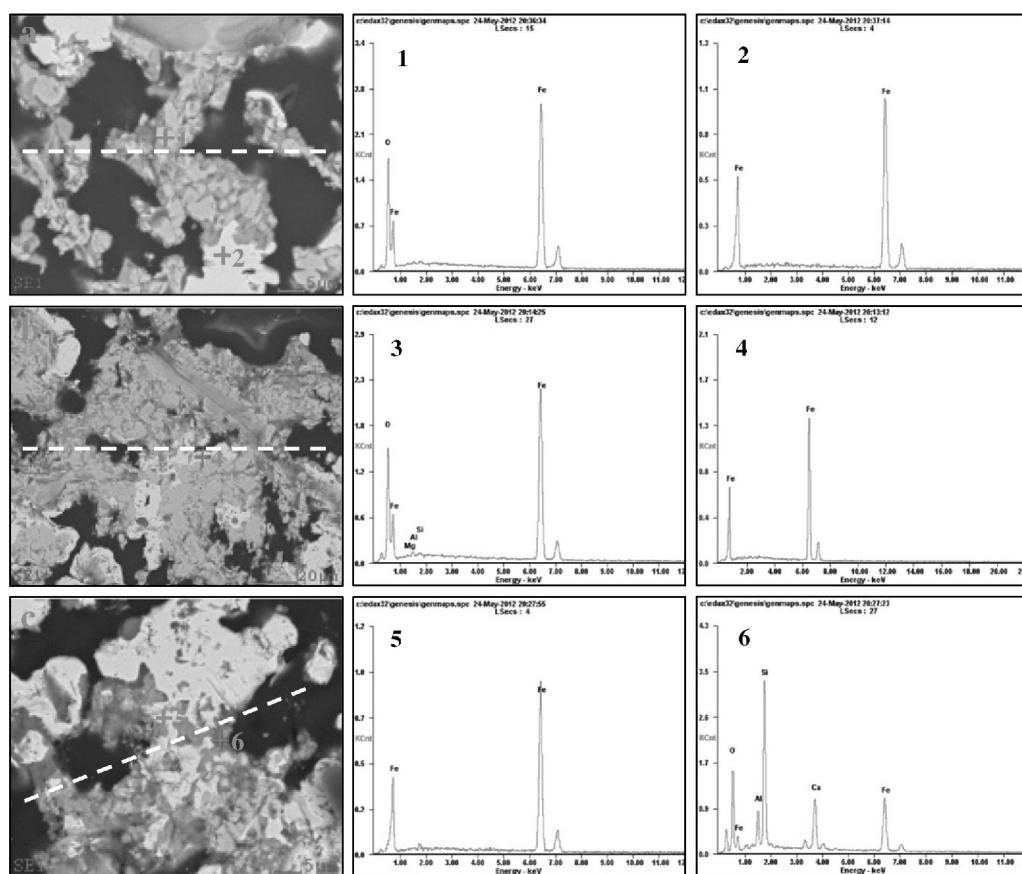


شکل ۸. مورفولوژی فصل مشترک چسبیده در درجه احیای ترتیب ۴۸/۴۶٪ (a)، ۷۰/۱۰٪ (b) و ۸۲/۲۴٪ (c) و ۹۲/۶۴٪ (d).

<sup>1</sup> Microconvexities and edge angles

هنگامی که درجه احیا به ۸۲/۲۴٪ رسید آهن در طول مرزهای وستیت شروع به تشکیل شدن کرده و علاوه بر آن فاز وستیت با مقادیر ناچیزی سرباره به صورت یک توده تجمع کرده و متراکم می‌شود (شکل ۹b). ترکیب شدن دو فرایند آگلومراسیون فاز وستیت و چسبندگی آهن تازه تشکیل شده در مرزها موجب افزایش چسبندگی می‌شود. در شکل ۹c) تشکیل فاز یوتیکتیک مذاب (CaO-SiO<sub>2</sub>-FeO) و همچنین کریستالیزاسیون فاز حجیم آهن که در نهایت باعث دستیابی به بیشترین چسبندگی می‌شود را می‌توان مشاهده کرد.

برای دستیابی به جزئیات بیشتر بررسی مورفولوژی و آنالیز EDS فصل مشترک (روی خط چین مشخص شده در شکل ۹) دو گندله به هم چسبیده در درجه احیای ۷۰/۱۰٪، ۸۲/۲۴٪ و ۹۲/۶۴٪ انجام شد و نتایج به ترتیب در شکل ۹ (a)، (b) و (c) نشان داده شده است. با توجه به نتایج به دست آمده می‌توان نشان داد که در درجه احیای ۷۰/۱۰٪ به غیر از وجود مقادیر کم آهن، چسبندگی گندله‌ها به یکدیگر به اتصال و پیوند وستیت نیز بستگی دارد. بنابراین می‌توان گفت چسبندگی با اتصال فاز وستیت شروع می‌شود. مطالعات قبلی نشان داده است که چسبندگی در درجه احیای بالاتر از ۳۰٪ رخ می‌دهد.



Position	Fe, wt%	O, wt%	Si, wt%	Al, wt%	Mg, wt%	Ca, wt%
1	79.23	20.77	-	-	-	-
2	100.00	-	-	-	-	-
3	79.77	18.17	0.59	1.04	0.42	-
4	100.00	-	-	-	-	-
5	100.00	-	-	-	-	-
6	30.24	28.84	24.20	5.83	-	10.89

شکل ۹. تصویر SEM فصل مشترک چسبیده در درجه احیای ۷۰/۱۰٪ (a)، ۸۲/۲۴٪ (b) و ۹۲/۶۴٪ (c) به همراه آنالیز EDS.



#### ۴. جمع بندی

در طول احیای گندله های سنگ آهن تأثیر دما، ترکیب شیمیایی گاز و درجه احیا بر رفتار چسبندگی گندله ها مورد آزمایش قرار گرفت. برای مشخص کردن مکانیزم نیز مورفولوژی نمونه ها نیز با استفاده از میکروسکوپ الکترونی تجهیز شده با EDS مورد بررسی قرار گرفتند. از این تحقیق نتایج زیر به دست آمد:

۱- با افزایش درجه حرارت، رفتار رسوب آهن که به عنوان فاز اتصال عمل می کند تغییر می کند. در دماهای پایین رسوب آهن فیبری شکل روی فصل مشترک باعث قفل شدن و به هم چسبیدن گندله ها می شود. در حالی که در دماهای بالا زینترینگ آهن تازه رسوب کرده با اکتیویته و انرژی سطحی بالا منجر به افزایش ضریب چسبندگی می شود.

۲- احیای گندله در محیط گاز CO به دلیل رسوب یک لایه آهن متراکم روی فصل مشترک بیشترین ضریب چسبندگی

را از خود نشان داد. اضافه کردن گاز  $H_2$  به گاز احیایی باعث کاهش قابل توجه ضریب چسبندگی شد، این کاهش به دلیل تشکیل رسوب متخلخل و فیبری شکل آهن روی فصل مشترک است. تشکیل این آهن یکی از راه های مؤثر برای جلوگیری از چسبندگی سنگ آهن حین احیا می باشد. ۳- در درجه احیای پایین، چسبندگی روی میکروانحناها و لبه های زاویه دار سطح شروع شده و سپس اتصالات با تبدیل لبه های زاویه دار به سطوح صاف در درجه احیای بالا ادامه می یابد.

۴- به طور کلی چسبندگی در درجه احیای پایین به پیوند فاز وستیت روی فصل مشترک بستگی دارد. با افزایش درجه احیا، کریستالیزاسیون فاز آهن و تشکیل فاز یوتکتیک زودذوب به عامل اصلی چسبندگی تبدیل شده که متناسب با آن ضریب چسبندگی بالاتری نیز در پی خواهد داشت.

با تولید روزانه صنایع فولاد جهان می توان، ۵۴۸ عدد برج ایفل ساخت.

(کتاب مرجع فولاد ۹۴)

آیا می دانید؟

کشور چین بیشترین میزان تولید فولاد به روش کوره قوس الکتریکی (۵۰/۲ میلیون تن) را در جهان داشته است.

(کتاب مرجع فولاد ۹۴)

آیا می دانید؟

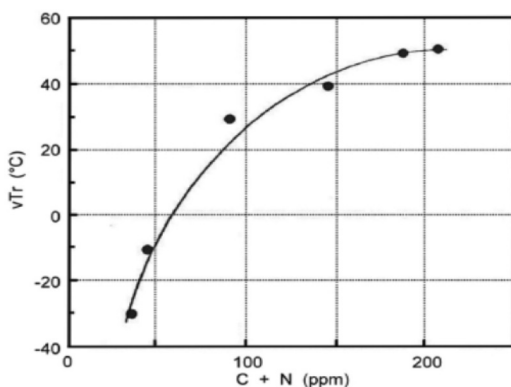
## اصول عملیات و طراحی برای تجهیزات VD/VOD

### جهت تولید فولاد ضد زنگ سوپر فریتی<sup>۱</sup>

ترجمه: محمدحسین نشاطی

شرکت فولاد آلیاژی ایران

گرفته‌های فولاد ضد زنگ آستینیتی به مارتنزیتی در این حیطه از کاربردها به صورت قابل ملاحظه بیشتر از فولادهای فریتی بوده و تداوم دارد. اما آشکار شده است که مقاومت فریتی‌ها در برابر خوردگی تحت تنش (SCC<sup>۲</sup>) بسیار بالاتر و مهمتر از همه برای کاربرد در محیط‌های حاوی کلرین، مانند آب دریا است. هنگامی که Cr و Mo افزایش یابند، مقاومت به خوردگی حفره‌ای<sup>۳</sup> و خوردگی شکافی<sup>۴</sup> نیز افزایش پیدا می‌کنند. یک پیش نیاز برای استفاده موفقیت آمیز از فولادهای ضد زنگ فریتی با Cr بالا دستیابی به کربن و نیتروژن تا حد ممکن کم است، به طوری که با استفاده از مقدار پایین تر این عناصر، که به صورت محلول در یون ها در موقعیت بین نشینی در شبکه کریستالی قرار می‌گیرند، شکل پذیری و چقرمگی به اندازه کافی زیاد در دماهای پایین تر نیز بتواند حاصل شود (شکل ۱). این مورد به خصوص در رابطه با منطقه متأثر از حرارت (HAZ) اتصالات جوشکاری شده کاربرد دارد. مقاومت به خوردگی حفره ای نیز به میزان قابل توجهی توسط کاهش C و N محتوی بهبود می یابد.



شکل ۱. اثر (C+N) بر دمای انتقال نرمی به تدری برای گریدهای فریتی با Cr 1٪ جوشکاری TIG (۳mm ضخامت نوارورق گرم).

۱- این متن ترجمه کاملی از مقاله زیر است:

Operating Principle and Plant Design of the VD/VOD Facility at ThyssenKrupp Acciai Speciali Terni for the Production of Superferritic Stainless Steel, Kevin Cotchen, et al., Iron & Steel Technology, October 2010.

<sup>2</sup> Stress corrosion

<sup>3</sup> Pitting corrosion

<sup>4</sup> Crevice corrosion

فرآیندهای گاززدائی در خلاء (VD) و کربن زدائی با اکسیژن در خلاء (VOD) برای انجام عملیات تصفیه در متالورژی ثانویه در خارج از کوره‌های ذوب توسعه داده شده‌اند. سیستم VD/VOD ویژگی انجام تمام مراحل فرآیند متالورژیکی در یک واحد را نیز ارائه می‌دهد. در کارخانه (TK AST) ThyssenKrupp Acciai Speciali Terni، یک تجهیز VD/VOD جدید ۱۵۰ تنی در تابستان سال ۲۰۰۸ راه اندازی شد. ترکیب محصول این تجهیزات شامل چندین نوع فولاد برای آهنگری، اما عمدتاً فولادهای ضد زنگ فریتی، از جمله چند فولاد سوپر فریتی موضوع این مقاله است. بنابراین، متن حاضر در ارتباط با موضوعات زیر می‌باشد:

• ویژگی ها و کاربرد های فولادهای سوپر فریتی.

• مدل‌های طراحی تجهیزات جدید VD/VOD در TK AST.

• فرآیند VOD در TK AST برای تولید فولاد سوپر فریتی.

هنگامی که فرآیند VOD توسعه یافت و آنگاه در سال ۱۹۶۲ در کارخانه Thyssen Edelstahlwerke در Witten ثابت شد که از نظر صنعتی قابل اجرامی باشد، از آن پس فولاد ضد زنگ توانست سریعتر و اقتصادی‌تر از فرآیند دو سرباره‌ای در EAF که تا آن موقع مرسوم بود تولید شود. تا کنون پایه پیشرفت VOD توانایی استفاده از وابستگی به فشار تعادل کروم- کربن- اکسیژن با استفاده از تصفیه مذاب تحت خلاء بوده است، که به دنبال آن یک مرحله کربن زدائی عادی انجام می‌شود، که به نام "ذوب کردن نهایی" شناخته می‌شود، که به همین ترتیب تحت خلاء صورت می‌گیرد.

### گروه مواد گریدهای فولاد سوپر فریتی

اکنون استفاده از تکنیک‌های جدید امکان دستیابی به کربن محتوی خیلی کمتر نسبت به قبل را می‌دهد. طبیعتاً الزامات نیز همراه با این امکانات افزایش پیدا کرد و بنابراین صنعت هم بلافاصله شروع به تقاضای گریدهای فولاد ضد زنگ حتی با کربن کمتر با دیدگاه دستیابی به شکل پذیری بهبود یافته، اما همچنین با کروم بالاتر مثلاً به منظور تضمین مقاومت به خوردگی بالا در یک محیط خورنده شیمیایی نمود. نسبت

گروه موادی که به نام "گریدهای فولادی سوپر فریتی" نامیده می شود در دهه ۱۹۷۰ در نتیجه تعداد زیادی از الزاماتی که در بالا نشان داده شده و خواص ناشی از آنها بوجود آمده اند. این گروه شامل فولادهای ضد زنگ با ریزساختار فریتی بوده که شامل درصد بسیار کم (C+N) همراه با میزان ۳۰-۱۱٪ کروم بوده و علاوه بر این شامل درصدهای متفاوتی از مولیبدن، تیتانیم، نیوبوم و دیگر عناصر آلیاژی نیز می باشد. این گریدهای سوپر فریتی قادر به جایگزینی سوپر آلیاژهای خیلی گران یا آلیاژهای تیتانیم در بسیاری از کاربردها هستند.

امروزه، گریدهای فولاد سوپر فریتی تنوع زیادی از کاربردهای ممکن را در بر می گیرند. آن‌ها در مبدل های حرارتی، به خصوص در نیروگاه های برق نزدیک به ساحل دریا و همچنین در تأسیسات مختلف سکوی دریایی<sup>۱</sup>، برای ظروف حمل و نقل در صنایع شیمیایی و مواد غذایی، در سلول های خورشیدی، باطری های لیتیومی، و به ویژه به عنوان مواد مبدل کاتالیزوری برای وسایل نقلیه موتوری مورد استفاده قرار می گیرند. با توجه به قیمت روزافزون نیکل، این مواد در حال حاضر جایگزین گریدهای گرانتتر آستنیتی در برخی از کاربردها شده اند.

### عملیات متالورژی ثانویه گریدهای فولاد سوپر فریتی

از نظر خواص مواد شرح داده شده در بالا، عملیات متالورژی ثانویه گریدهای فولاد سوپر فریتی به دنبال دو هدف اساسی است: کاهش کربن و نیتروژن تا کمترین مقدار ممکن در هر مورد و دستیابی به این هدف در کارآمدترین و مقرون به صرفه تری شیوه ممکن.

واکنش کربن زدائی اجباری تحت خلاء نسبتاً به راحتی انجام می شود، به خصوص زمانی که میزان کربن اولیه بالا باشد، تا زمان کوتاهی که قبل از کربن بحرانی فرا برسد، و در نهایت سرعت واکنش فقط توسط ظرفیت پمپ خلاء و فاصله آزاد<sup>۲</sup> (از سطح مذاب تا لبه پاتیل) موجود در پاتیل محدود می شود. از طرفی، سرعت واکنش حذف نیتروژن، توسط نفوذ اتم های [N] به سطح واکنش فلز مذاب/گاز و توسط حذف محصولات واکنش یعنی {N<sub>2</sub>} تعیین می شود. اندازه سطح واکنش قابل دسترس عمدتاً توسط فشار خلاء و مقدار و اندازه حباب های گاز بالا رونده از گاز همزنی از کف و از واکنش کربن زدائی، یعنی از "جوشش" مذاب تعیین می گردد. حضور عناصر فعال سطحی همانند [O] و [S] تأثیر منفی بر واکنش حذف نیتروژن دارد.

بنابراین، این واکنش با بیشترین سهولت در آغاز دمش اکسیژن صورت می گیرد، توسط واکنش شدید CO، محتوای اکسیژن کمتر ناشی از C بیشتر و فشار جزئی پایین نیتروژن بر روی مذاب در نتیجه

نسبت بالای CO<sub>2</sub> تقویت می شود. برای دستیابی به بالاترین نرخ کربن زدائی و از این رو بالاترین نرخ حذف نیتروژن و در همین زمان تحقق بخشیدن به زمان عملیات کوتاه، شرکت کاواساکی استیل<sup>۳</sup> فرآیندی را به نام فرآیند SS-VOD<sup>۴</sup> (همزنی شدید) در دهه ۱۹۷۰ توسعه داد. این فرایند در آن زمان توسط مقدار اولیه خیلی بالای [C] به میزان ۱/۲-۰/۸٪، که حتی به ۲٪ هم می رسید، و توسط سرعت ویژه فوق العاده شدید دمش گاز همزنی از کف (۱۰-۴۰ Nl/(t·min)) مشخص می شد. لازم است فاصله آزاد در پاتیل از ۱.۸-۲ m در نظر گرفته شود. اما امروزه، در اکثر کارخانجات فولاد، از چنین فرآیند شدیدی استفاده نمی شود، حتی اگر هنوز هم اصطلاح "فرآیند SS-VOD" به کار برده شود. به ویژه، کربن اولیه به میزان قابل ملاحظه ای کمتر است، تا امکان تبعیت از چرخه زمانی مطابق با سرعت ریخته گری پیوسته باشد.

امروزه روش متداول تولید گریدهای سوپر فریتی فرآیندی به نام "مسیر تریپلکس"<sup>۵</sup> است، یعنی، مسیر فرآیند VOD→AOD→EAF. در این توالی، EAF وظیفه ذوب کردن مواد شارژ، کربن زدائی آنها و احیاء سرباره حاوی کروم کوره را دارد. سپس، به خاطر نسبت های هندسی عالی، کنورتر AOD بخش عمده کربن زدائی و بطور مشابه احیاء سرباره را انجام می دهد. پس از تخلیه مذاب از کنورتر AOD، آنگاه سرباره احیاء برداشته شده و عناصر آلیاژی اضافه می گردند. پس از این، کربن زدائی نهایی در تجهیز VOD از طریق دمش از بالای اکسیژن و کاهش فشار در محفظه خلاء صورت می گیرد. پس از این احیاء نهایی سرباره و تنظیم دما و آنالیز شیمیایی انجام می گیرد.

از لحاظ نظری، امکان تولید از "مسیر دوپلکس"<sup>۶</sup> EAF→VOD برای گریدهای سوپر فریتی وجود دارد. اما، آنگاه شروع با کربن اولیه نسبتاً بالا به منظور رسیدن به پایین ترین میزان ممکن نیتروژن ضروری است (شکل ۲). در نتیجه، زمان های چرخه در تجهیز VOD، به خصوص در واحدهای با یک تانک از جمله مورد کارخانه TK AST خیلی طولانی می شود. به همین دلیل، کنورتر AOD در این توالی نصب شد، زیرا فضای واکنش اساساً بزرگتری که توسط این کنورتر ایجاد می شود قابلیت کربن زدائی با سرعت های بیشتر از تجهیز VOD را با ضریب ۳-۴ می دهد.

<sup>1</sup> Offshore

<sup>2</sup> Freeboard

<sup>3</sup> Kawasaki Steel

<sup>4</sup> Strong Stirring

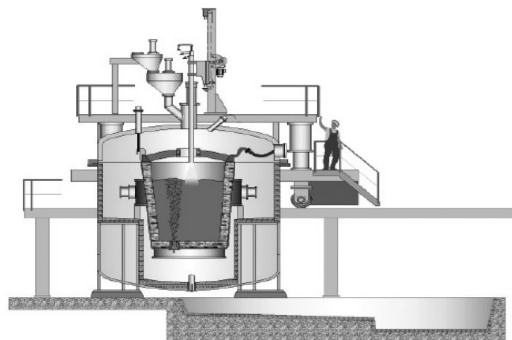
<sup>5</sup> Triplex route

<sup>6</sup> Duplex route

سرباره برای فرآیند تصفیه در VOD صورت می‌گیرد. پس از خاتمه فرآیند VOD، که با جزئیات بیشتر در زیر شرح داده شده، مذاب به ماشین ریخته‌گری پیوسته منتقل می‌گردد.

### تجهیز جدید VD/VOD در TKAST

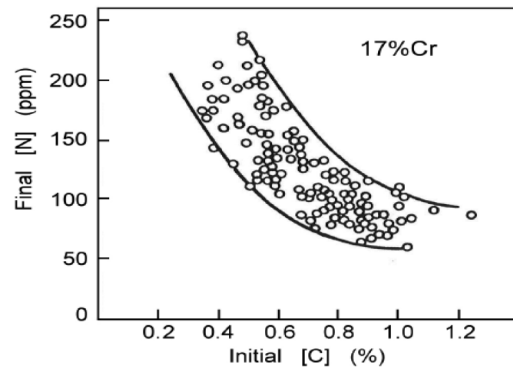
در تابستان ۲۰۰۸، تجهیز VD/VOD جدیداً ساخته شده توسط SMS Mevac در TK AST به بهره‌برداری رسید. از طرفی، تجهیز گریدهای فولاد برای آهن‌گری را فرآوری می‌کرد، که غالباً به منظور کاهش هیدروژن به کمتر از گاززدائی و تا اندازه‌ای نیز گوگردزدائی می‌شوند. از طرفی، فولادهای ضد زنگ فریتی، گریدهای سوپر فریتی و آلیاژهای مختلف خاص تولید می‌شوند. در این بررسی، بر گریدهای سوپر فریتی تأکید می‌گردد. برای به حداقل رساندن زمان عملیات برای تولید گریدهای سوپر فریتی کارخانه TK AST از مسیر سه تایی VOD → AOD → EAF استفاده می‌کند. تجهیز جدید VD/VOD یک تانک است که برای تولید دسته‌ای<sup>۱</sup> حداکثر اندازه ۱۵۰ تن، برای ظرفیت سالانه ۱۰۰,۰۰۰ تن در سال در نظر گرفته شده است (شکل ۴).



شکل ۴. تسهیلات جدید VOD ۱۵۰ تن در TK AST.

این تجهیز قادر به پذیرش سه اندازه پاتیل متفاوت ۴۰ تن، ۶۴ تن و ۱۴۴ تن است که در TKAST مورد استفاده قرار می‌گیرند. به منظور پاسخ به افزایش ظرفیت احتمالی در آینده، گزینه تانک دوم نیز لحاظ شده است. برای مثال، تسهیلات برای دو تانک در شرکت Deutsche Edelstahlwerke در Siegen-Geisweid یا در کارخانه شماره ۱ شانگهای در شرکت Baosteel نصب شده است (شکل ۵). در TK AST، تانک خلاء در کف کارخانه واقع شده و دارای کویلینگ دستی آرگون به شیلنگ‌های مقاوم به دمای بالا به منظور تامین آرگون برای همزنی از کف جهت پاتیل قرار گرفته در تانک است. تجهیز دارای یک درپوش خلاء متحرک با یک لانس اکسیژن قرار گرفته در مرکز می‌باشد

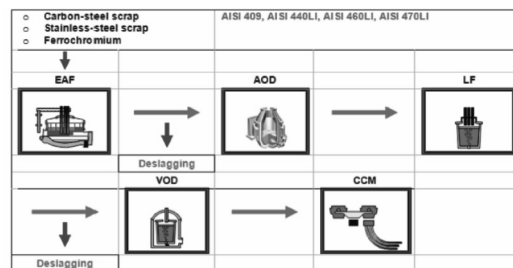
<sup>۱</sup> Batch



شکل ۲. ارتباط بین [C] اولیه و [N] نهایی بدست آمده با یک فولاد ضد زنگ فریتی با ۱۷٪Cr در یک تجهیز VOD ۵۰ تنی.

### کارخانه فولاد TK AST

شرکت فولادساز ایتالیایی TK AST در استان Umbria در ایتالیا مرکزی، حدود ۱۰۰ کیلومتری شمال شرق رم واقع شده، و بیش از ۱۰۰ سال تجربه در تولید فولاد به خصوص فولادهای مخصوص دارد. در سال ۱۹۹۴، AST بخشی از ThyssenKrupp Stainless Group شد. ظرفیت تولید دو EAF آن، با وزن تخلیه ۱۵۰ و ۱۲۵ تن حدود ۱،۴۵ میلیون تن در سال است، که مذاب تولیدی در سه ماشین ریخته‌گری پیوسته اسلب ریخته‌گری شده و سپس به صفحات و نوار ورق هائی نورد می‌شود.

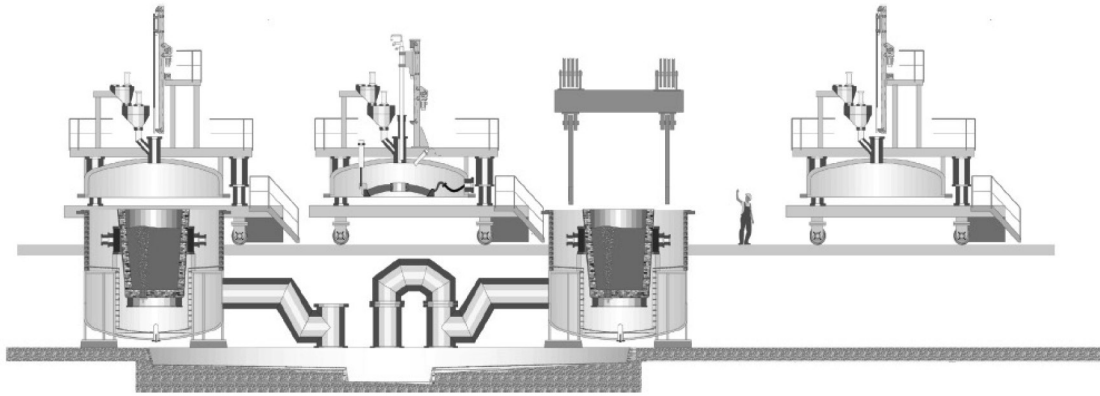


شکل ۳. مسیر شماتیک فرآیند برای تولید گریدهای فولاد ضد زنگ سوپر فریتی در TKAST.

شکل ۳ منظر کلی مسیر فرآیند تولید گریدهای فولاد سوپر فریتی در TK AST را ارائه می‌دهد. مواد شارژ برای فرآیند ذوب در EAF شامل انواع مختلف قراضه و FeCr است. پس از تخلیه EAF، سرباره احیاء شده گرفته می‌شود و مذاب به کنورتر AOD شارژ می‌گردد. در اینجا، مرحله کربن زدائی در آتمسفر، و همچنین احیاء بیشتر سرباره انجام می‌گیرد. پس از تخلیه کنورتر AOD، مذاب در کوره پاتیلی (LF) تا دمای مورد نظر اولیه برای فرآیند VOD بعدی گرم شده، و مواد آلیاژی طبق نیاز افزوده می‌گردد. پس از فرآیند LF، سرباره گری می‌جدداً به منظور رسیدن به تا آنجا که ممکن است سطح بدون

درپوش یک قفل خلاء برای شارژ کردن مواد افزودنی کلوخه ای در طی عملیات خلاء و یک سیستم چهار شاخه تغذیه سیم برای تغذیه سیم های آلیاژی پس از عملیات خلاء نصب شده است.

و همچنین به دستگاه های نمونه برداری و اندازه گیری دما به صورت نیمه اتوماتیک، به علاوه اندازه گیری هیدروژن با HYDRIS® در فشار آتمسفر مجهز شده است. درپوش تانک به صورت هیدرولیکی بالا و پائین برده می شود. همچنین بر روی



شکل ۵. مخزن VOD دوقلو ۱۲۰ تن در کارخانه شانگهای شماره ۱ شرکت Baosteel.

دمای گاز خروجی به صورت متناسبی توسط یک خنک کننده نصب شده در بالادست کم شد گرفته می شوند. گاز خروجی توسط مشعل نصب شده در سقف، که پس سوزی CO به CO<sub>2</sub> را در مواردی که CO بیش از حد بالاست تضمین می کند سوزانده می شود. چهارده مخزن ذخیره سازی برای انبار کردن مواد آلیاژی و افزودنی مورد استفاده قرار می گیرند. توزین در قیف هائی با چهار اندازه مختلف که در زیر مخزن های ذخیره سازی قرار گرفته اند انجام می گیرد و حمل و نقل به محل تانک خلاء توسط دو تسمه نقاله و یک شوت قابل چرخش صورت می گیرد. یک سیستم سطح ۲ برای کمک به پرسنل بهره برداری تأمین شده است. این سیستم برای ذخیره سازی داده های عملیاتی و برای مستندسازی دقیق فرآیند عملیات مورد استفاده قرار می گیرد. این سیستم از مدل فرآیند خود هم برای انجام پیش محاسبات فرآیند و هم برای انجام محاسبات پیوسته ردیابی فرآیند، با فرض تأمین داده های مناسب و برای ارائه پیشنهادات مربوطه به اپراتور برای مراحل عملیاتی جداگانه استفاده می کند. اصول عملیاتی سیستم سطح ۲ با جزئیات بیشتر بعداً توضیح داده خواهد شد.

**عملیات VOD گریدهای فولاد سوپر فریتی در TKAST**  
در زیر یک ترتیب عملیات نمونه برای یک نوع فولاد سوپر

فرآیند عملیات به صورت چشمی توسط دو دوربین تلویزیونی که در زوایای مختلف نصب شده و امکان مشاهده فرآیند را فراهم می کنند پایش می شود. برای محافظت از پاشش مذاب و تابش حرارت سپری از مواد نسوز با سوراخی در مرکز آن به صورت معلق در زیر درپوش قرار گرفته است، که در طی عملیات در بالای پاتیل قرار می گیرد. به منظور جلوگیری از چسبیدن به لبه های پاتیل در طی عملیات لبه های آن با آب خنک می شود. برای ایجاد فشار خلاء مورد نیاز، این تأسیسات به پمپ خلاء تزریق بخار چهار مرحله ای مجهز شده است که دارای دریچه های سوزنی در نازل های تزریق کننده بخار 3A، 3B و B2 است. این ها برای تنظیم فشار خلاء در محدوده ۳۰۰-۳۰ mbar و همچنین برای بهینه سازی مصرف بخار، که حدود ۱۶ تن در ساعت در خلاء کم، در فشار بخار تقریباً ۱۶ bar در نقطه تحویل (TOP) است مورد استفاده قرار می گیرند. ظرفیت اسمی پمپ خلاء برای مکش ۵۰۰ کیلوگرم بر ساعت در فشار ۰/۶۷ mbar می باشد. محتویات CO<sub>2</sub>، CO، O<sub>2</sub> و H<sub>2</sub> در گاز خروجی خارج شده توسط پمپ به طور مداوم برای امکان کنترل فرآیندی که برای وضعیت جاری در هر عملیات به طور جداگانه بایستی انجام گیرد توسط یک آنالیزور اندازه گیری می شود. گرد و غبار موجود در گاز خروجی تا حد زیادی قبل از ورود به پمپ، پس از اینکه



فريتی، در اين مورد گرید AISI 460LI، با تعدادی از پارامترهای عملیاتی تعیین کننده، مطابق با پروفیل های عملیاتی TK AST

تشریح شده است. مثال هایی از چهار نمونه گرید فولاد سوپر فريتی که در TK AST تولید می شوند در جدول ۱ نشان داده شده است.

جدول ۱. آنالیز نمونه وار گریدهای فولاد سوپر فريتی تولیدی در TK AST.

AISI	% C	ppm N	% Si	% Mn	% S	% Cr	% Ti
409 LI	≤ 0.010	≤ 60	0.20-0.30	0.20-0.40	≤ 0.004	11.1-11.7	0.20-0.30
439 M	≤ 0.025	≤ 150	0.40-0.50	0.20-0.40	≤ 0.002	17.5-17.9	—
460 LI	≤ 0.010	≤ 200	0.20-0.40	0.20-0.40	≤ 0.002	21.0-21.4	0.10-0.20
470 LI	≤ 0.007	≤ 200	0.20-0.40	0.20-0.40	≤ 0.002	23.8-24.2	0.10-0.20

مذاب پس از تخلیه از کنورتر AOD، سرباره گیری شده و به VOD منتقل می شود. در حالی که پاتیل در مخزن قرار می گیرد تأمین کننده گاز همزنی از کف به صورت دستی به تویی های متخلخل<sup>۱</sup> کف پاتیل متصل می شود. همزنی از کف آغاز می گردد و سرعت گاز همزنی برای رفتار همزنی منفرد پاتیل بلافاصله پس از آن تنظیم می شود. این کار توسط اندازه گیری

دستی فاصله آزاد (فاصله مذاب تا لبه پاتیل<sup>۲</sup>) و دمای حمام فولاد دنبال می گردد و یک نمونه آنالیز شیمیائی اولیه برداشته می شود. فاصله آزاد پاتیل در بازه ۱۵۰۰-۱۸۰۰ mm قرار دارد، مشروط بر اینکه وزن مذاب حدود ۱۲۵ تن و دمای اولیه حمام فولاد ۱۶۴۰-۱۶۲۰ درجه سانتی گراد باشد. آنالیز نمونه وار قبل از شروع فرآیند VOD در جدول ۲ نشان داده شده است.

جدول ۲. آنالیز نمونه نوعی در شروع عملیات VOD.

% C	N	Si	Mn	P	S	Cr
≤ 0.35	≤ 200 ppm	0.10%	0.50%	0.025%	≤ 0.004%	22%

پاشش مذاب شود. فاز دمش به فاز اولیه، یک مرحله استاتیک و یک مرحله دینامیک تقسیم می شود. در طی فاز اولیه، که تنها چند دقیقه طول می کشد، دمش در سرعت کاهش یافته و فاصله کوتاه از حمام فلز انجام می گیرد. به محض اینکه واکنش شدید CO، که "اشتعال"<sup>۴</sup> نامیده می شود مشاهده شد، سرعت دمش و فاصله دمش افزایش پیدا می کنند. در طی فاز دمش استاتیک، سرعت دمش و فاصله دمش ثابت باقی می ماند، اما فشار خلاء به منظور کاهش فشار جزئی CO به طور مداوم کاهش داده می شود و به این ترتیب از کروم در مقابل اکسید شدن محافظت می کند. در فاز دینامیک، به منظور تبعیت از کم شدن واکنش CO، سرعت دمش در یک مرحله یا بیشتر کاهش داده می شود. در اواخر، فاصله دمش نیز کوتاه می شود، همراه با کاهش بیشتر فشار خلاء. فشار خلاء در اواخر فاز دمش دینامیک ممکن است در محدوده تقریباً ۱۰ mbar باشد. این هدف فشار نسبتاً کم برای

فرآیند بهره برداری شده در TK AST یک فرآیند کلاسیک VOD-SS نمی باشد. در عوض، مصالحه ای است که به سمت فرآیند عادی VOD جهت گیری شده و از فاصله آزاد قابل دسترس پاتیل، و در نتیجه از فضای واکنش و از گستره ترکیب تولید انواع فولاد آهنگری و فولاد ضد زنگ ناشی شده است. پس از مراحل فوق، درب مخزن توسط واگن حمل درپوش مخزن خلاء بسته شده، پمپ خلاء آغاز به کار می کند و عملیات خلاء شروع می شود. این قسمت از عملیات را می توان به سه مرحله تقسیم کرد:

- فاز دمش اکسیژن.
- اکسیژن زدائی با کربن در خلاء ("ذوب نهایی").
- اکسیژن زدائی + احیاء سرباره.

**فاز دمش اکسیژن** - فاز دمش اکسیژن هنگامی آغاز می شود که فشار به حدود ۱۶۰ mbar رسیده باشد. سرعت دمش در کارخانه TK AST بین ۱۰۰۰ و ۱۴۰۰ Nm<sup>3</sup>/hour در فاصله دمش ۱۹۰۰-۱۶۰۰ mm است. به صورت نظری، سرعت های دمش تا ۲۵۰۰ Nm<sup>3</sup>/hour امکان پذیر است، که کاهش زمان دمش را به ارمغان می آورد، اما چنین سرعت دمشی ممکن است باعث افزایش مذاب پاشیده و منجمد شده<sup>۳</sup> بر روی درپوش محافظ

<sup>1</sup> Porous plugs

<sup>2</sup> Freeboard

<sup>3</sup> Skull

<sup>4</sup> Ignition



فلوراسپار برای کاهش ویسکوزیته سرباره اضافه می شوند. واکنش شدید فلز-سرباره در این مرحله مورد نیاز است. بنابراین، این مرحله از عملیات نیز تحت خلاء کم با سرعت های جریان گاز همزنی بالا مطابق با آن تا  $4 \text{ NI}/(\text{t}\cdot\text{min})$  انجام می شود. یک هدف اضافی عملیات احیاء کاهش بیشتر نیتروژن به منظور رسیدن به کمترین میزان ممکن نیتروژن است. این کار توسط کاهش اکتیویته اکسیژن در فولاد و سرباره، کاهش گوگرد تا میزان کم مورد نیاز که امکان کاهش نیتروژن را بدهد مساعدت می شود. پس از اتمام این مرحله از عملیات، خلاء موجود در سیستم پر می شود و از طریق سابلانس<sup>۱</sup> نیمه اتوماتیک، دما اندازه گیری و نمونه برداری انجام می گردد.

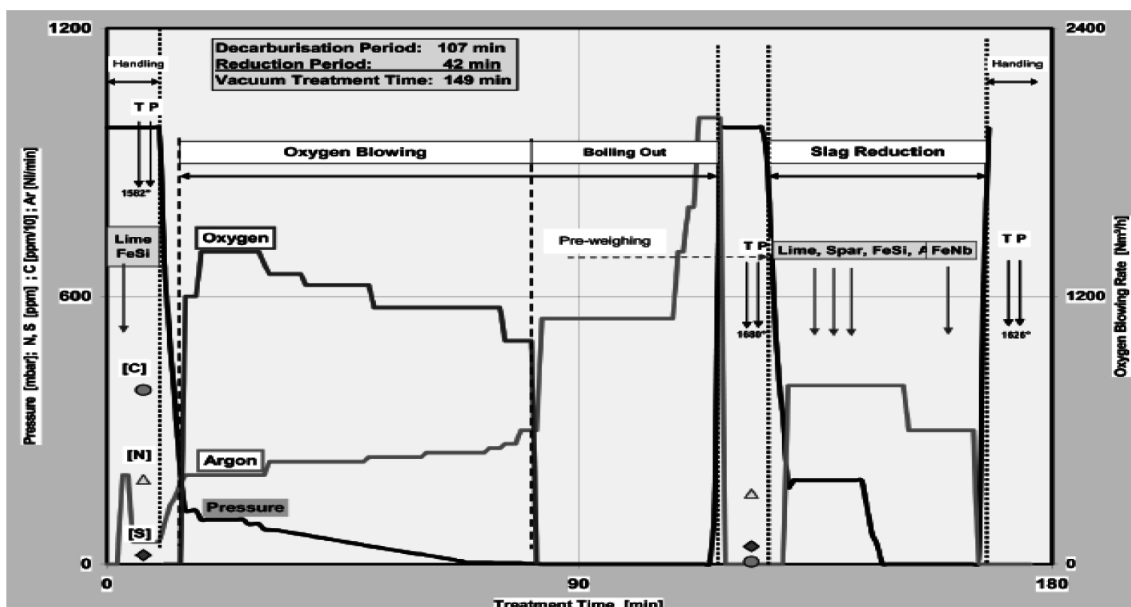
**پس عملیات<sup>۲</sup>** - در طی مرحله عملیات آتمسفری که متعاقباً انجام می شود، تنظیم نهایی آنالیز و دما توسط اضافه کردن افزودنی های کلوخه ای همانند FeSi یا قراضه و تغذیه سیم های متالورژیکی به ویژه برای عناصری با میل ترکیبی زیاد به اکسیژن، همچون تیتانیوم یا نیوبیوم صورت می گیرد. در TKAST، این پس عملیات معمولاً در LF انجام می شود. ترتیب عملیات VOD برای گریدهای سوپر فریتی به صورتی که در بالا تشریح شد در نمودار شکل ۶ نشان داده شده است.

شکل های ۷ و ۸ نمایش گرافیکی پیشرفت واقعی پارامترهای مختلف عملیاتی همانند سرعت جریان گاز خروجی،  $\text{CO}/\text{CO}_2/\text{O}_2$  محتوی در گاز خروجی، فشار خلاء، و غیره، برای عملیات فولاد AISI 460LI می باشند.

رسیدن به میزان کمتری از تبدیل به سرباره شدن کروم مورد استفاده قرار می گیرد، به خصوص با کروم محتوی بالا. در کربن اولیه معمول  $0/40-0/30$  درصد کربن، زمان دمش کلی حدود  $70-60$  دقیقه مورد نیاز است.

**فاز ذوب کردن نهایی** - هنگامی که دمش اکسیژن به پایان رسید، فشار خلاء با استفاده از همه ایژکتورها  $(4A+3A+B2+B1)$  کاهش می یابد و به منظور کاهش C محتوی به کمترین میزان ممکن، ذوب تحت اکسیژن زدائی کربن در خلاء قرار می گیرد. مدت زمان این فاز از عملیات معمولاً بین ۱۵ و ۲۰ دقیقه بسته به هدف نهایی کربن محتوی است، اما ممکن است تا ۳۵ دقیقه نیز به طول بیانجامد. دمای فولاد در این نقطه به طور معمول  $1720-1680$  درجه سانتی گراد است.

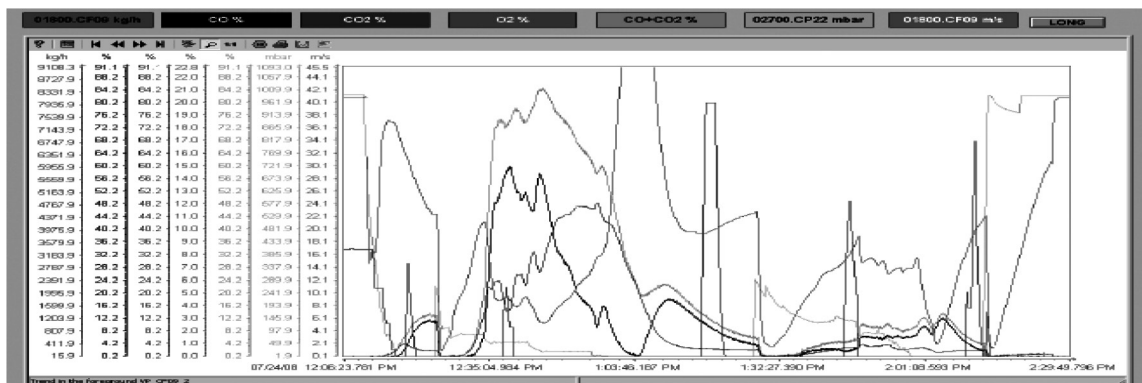
**فاز احیاء** - پس از اینکه "ذوب کردن نهایی" به پایان رسید، مواد اکسیژن زدائی و احیاکننده سرباره و سرباره سازها اضافه می شوند. این مرحله از عملیات برای احیاء اکسید کروم موجود در سرباره به منظور بازیابی کرومی که در طی فاز دمش اکسیژن، اکسید شده است مورد استفاده قرار می گیرد. به طور معمول از FeSi به عنوان ماده احیاکننده و بسته به گرید فولاد، همچنین مقدار کمی آلومینیوم استفاده می شود. میانگین افزودن FeSi برای احیاء  $4-6 \text{ kg}/\text{ton}$  می باشد. به منظور خنثی کردن  $\text{SiO}_2$  ایجاد شده در طی فاز احیاء از نظر بازسیته سرباره، مقادیر قابل توجهی آهک و در هنگام ضرورت



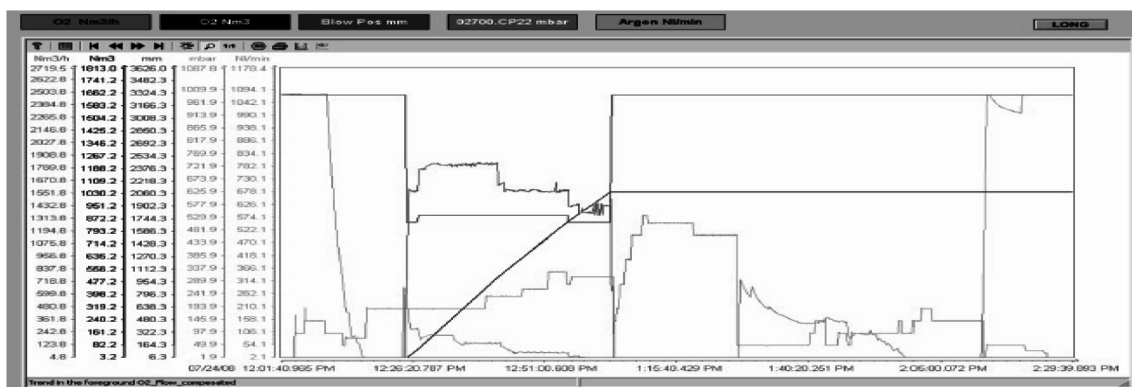
شکل ۶. پیشرفت عملیات VOD برای فولاد AISI 460LI.

<sup>1</sup> Substances

<sup>2</sup> Post-treatment



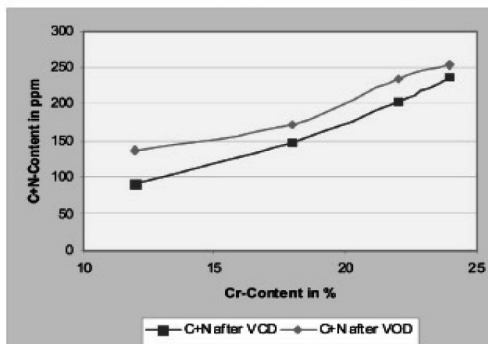
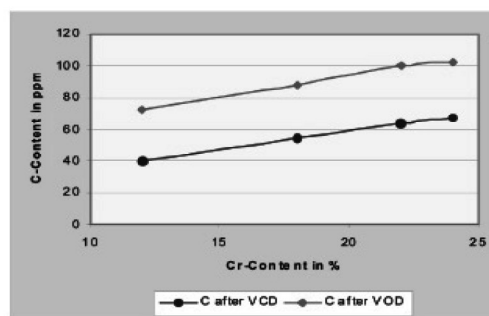
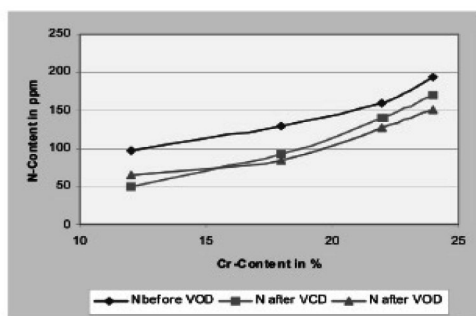
شکل ۷. پارامترهای عملیات VOD برای فولاد AISI 460LI (گاز خروجی، فشار خلاء).



شکل ۸. پارامترهای عملیات VOD برای فولاد AISI 460LI (دمش اکسیژن، همزنی از کف).

یعنی، نیتروژن بالاتر را با کروم محتوی نیز می توان به دست آورد. این موضوع توسط میل ترکیبی زیاد کروم به نیتروژن توضیح داده می شود. این رابطه برای کروم محتوی قطعی نیست.

شکل ۹ تغییرات کربن و نیتروژن در مراحل مختلف عملیات VOD ذوب هائی با مقادیر مختلفی از کروم را نشان می دهد. بدیهی است که در هر مرحله از عملیات نیتروژن محتوی با کروم متناسب است،



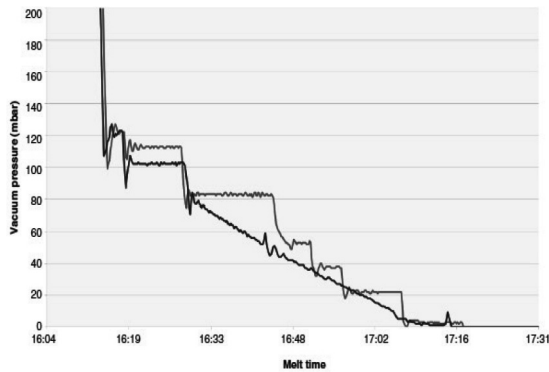
شکل ۹. افزایش کربن و نیتروژن محتوی در طی عملیات VOD با مقادیر مختلف کروم در مذاب.

## سطح ۲ اتوماسیون فرآیند در TKAST

سطح ۲ اتوماسیون فرآیند با مدل یکپارچه VOD در کارخانه TK AST بر روی یک سرور PC اجرا می شود و برای کمک به اپراتور تجهیز در کل فرآیند طراحی شده است. علاوه بر مدل محاسباتی، اتوماسیون فرآیند سطح ۲ برای ذخیره همه داده های عملیاتی در یک پرود طولانی و برای تهیه گزارش های عملیاتی مفصل برای هر ذوب منفرد مورد استفاده قرار می گیرد. در طی مرحله عملیات اولیه دمش اکسیژن، مدل به طور مداوم توزیع دمش اکسیژن را برای واکنش های اکسید شدن با عناصر اصلی کربن، سیلیسیم، کروم، منگنز و آهن محاسبه می کند. علاوه بر این، مقادیر اندازه گیری شده برای واکنش کربن زدائی با آنالیز گاز خروجی ( $CO$ ،  $CO_2$  و  $O_2$ ) و با اندازه گیری التراسونیک سرعت جریان گاز خروجی موازنه می شوند.

به این طریق، امکان نمایش گرافیکی سرعت کربن زدائی و کربن جاری محتوی، و همچنین کروم و منگنز اکسید شده در هر نقطه از این فرآیند دمش وجود دارد. کربن زدائی در طی اوایل هر فاز دمش در یک سطح ثابت باقی می ماند. اما، هرچه عملیات به پیش می رود، سرعت کربن زدائی افت می کند و در طی این مرحله به اصطلاح "فاز دینامیک" اکسید شدن کروم و آهن به میزان قابل ملاحظه ای افزایش می یابد. در مورد کارخانه TK AST، نقاط تنظیمی فاز دمش برای اطمینان از انتقال آرام بین فازها در سطح ۱ به صورت خطی درون یابی می شوند (شکل ۱۰). این مدل همچنین تغییرات کربن و اکسیژن را برای فاز کربن زدائی عمیق که پس از تصفیه با اکسیژن انجام می شود موازنه می کند. از آنجا که مدل نسبت های مختلف عناصری را که در طی فاز دمش اکسیژن، اکسید می شوند محاسبه می کند، مقادیر محصولات واکنش های ایجاد شده نیز به طور معمول محاسبه می شوند. این موضوع امکان ثبت

تغییرات پیوسته کمیت و ترکیب سرباره پاتیل را فراهم می سازد. سپس، با استفاده از موازنه سرباره، مدل فرآیند توصیه هائی را برای مقادیر ضروری FeSi و سرباره سازها در طی مرحله سوم عملیات، فاز اکسیژن زدائی و احیاء سرباره ارائه می دهد.



شکل ۱۰. مقایسه شیوه های مختلف عملیات برای کنترل فشار خلاء در فاز دمش دینامیک. قبل از آن (قرمز): با مقادیر نقاط تنظیم تک فشار. پس از آن (آبی): با درون یابی خطی مقادیر نقاط تنظیم فشار.

## نتیجه گیری

تجهیز VOD یک ابزار لازم برای رسیدن به کربن و نیتروژن بسیار کم که برای تولید فولادهای سوپر فریتی مورد نیاز است باقی می ماند. با در نظر گرفتن افزایش مداوم قیمت نیکل، می توان انتظار داشت که گستره کاربرد گریدهای فولاد سوپر فریتی بسط خواهد یافت و در نتیجه نسبت تولید چنین گریدهائی افزایش پیدا خواهد کرد. علاوه بر این، به دلیل اینکه فرآیند VOD بسیار انعطاف پذیر، با دامنه وسیع کاربرد متالورژیکی است، برای تولید انواعی از گریدهای فولاد غیر ضد زنگ توسط گاززدائی و گوگردزدائی نیز می تواند مورد استفاده قرار گیرد. از این رو، TK AST نیز از VOD خود برای تولید فولادهای با کیفیت بالای آهنگری استفاده می کند.

# فراوری و ساخت فولادهای پیشرفته

## عملیات ترمومکانیکی و نقش عناصر میکروآلیاژی در فولادهای یوتکتوئیدی

دکتر حبیب اله رستگاری کویایی<sup>۱</sup>

گروه مواد، دانشکده مهندسی مکانیک و مواد، دانشگاه صنعتی بیرجند، خراسان جنوبی، ایران

### مقدمه

یکی از کاربردهای متداول فولاد یوتکتوئیدی ساخت سیم‌های فولادی پراستحکام است. در این بین سیم‌های پراستحکام بطور گسترده‌ای در بسیاری از کاربردهای مهندسی حساس مثل سازه‌های عظیم، پل سازی، لوله‌های بتنی قطور، تراورس ریل راه آهن<sup>۲</sup>، کابل‌های پراستحکام پل‌های معلق، کابل‌های آسانسور و بطور وسیع برای تقویت تیرهای رادیال<sup>۳</sup> مورد استفاده قرار می‌گیرد. در تمام این موارد، استحکام بسیار بالای این سیم‌ها آن‌ها را منحصر به فرد ساخته است. استحکام بسیار بالای این نوع سیم متأثر از اعمال فرایند کشش سیم سرد است. قابلیت کارسختی میلگرد فولاد یوتکتوئیدی نقش بسزایی در افزایش استحکام در طول فرایند کشش سیم سرد<sup>۴</sup> دارد. در حقیقت نوع ریزساختار اولیه برای میلگرد فولاد یوتکتوئیدی تعیین کننده خواص کششی اولیه و رفتار کارسختی بعدی آن است. ریزساختاری که دارای حداقل استحکام کششی مورد نیاز و بالاترین قابلیت کارسختی است، برای این منظور مناسب‌تر است. در همین راستا، ایجاد اصلاحاتی در مورفولوژی، اندازه و توزیع فازهای فریت و سمنتیت می‌تواند منجر به بهبود بیشتر قابلیت کارسختی گردد [۵-۱]. امروزه فولادهای یوتکتوئیدی به دلیل ویژگی‌های منحصر به فردشان مانند ساختار کاملاً پرلیتی بدون حضور فازهای پرویوتکتوئیدی، قابلیت کارسختی بالا، توانایی تحمل تغییر شکل سرد و گرم بدون تشکیل عیوب ریزساختاری و همچنین نانو ساینز بودن لایه‌های سمنتیت و امکان تبدیل آن‌ها به ذرات نانو ساینز سمنتیت به عنوان فولاد پیشرفته<sup>۵</sup> در نظر گرفته می‌شوند. همچنین در پژوهش‌های اخیر [۸-۶]، افزودن عناصر میکروآلیاژی بخصوص وانادیم، به این دسته از فولادها به منظور ایجاد نانو رسوبات کاربید وانادیم در فاز فریت و ایجاد ریزساختار لایه‌ای پرلیتی با فاصله بین لایه‌ای نانو ساینز مورد توجه قرار گرفته است. بر همین اساس در این مقاله تلاش شده است که جنبه‌های مختلف عملیات ترمومکانیکی

فولادهای یوتکتوئیدی ساده و میکروآلیاژی شده در شرایط مختلف دمایی و نرخ کرنش مورد بحث قرار گیرد و تحولات ریزساختاری متأثر از آن بررسی گردد.

### عملیات ترمومکانیکی در ناحیه تکفاز آستنیت

در سال‌های اخیر کاربرد عملیات ترمومکانیکی فولادهای میکروآلیاژی کم کرنش به منظور تولید ریزساختارهای فریتی بسیار ریزدانه کاملاً شناخته شده و عملی گردیده است. اساس این روش‌های فراوری بر پایه تأثیر عناصر میکروآلیاژی بر اصلاح ریزساختار آستنیتی و حصول کرنش تجمع یافته بوسیله عملیات کارداغ زیر دمای وقوع تبلور مجدد ( $T_m$ ) قرار دارد [۹]. تحت چنین شرایطی، افزودن عناصر میکروآلیاژی برای ایجاد میزان کرنش تجمع یافته کافی ضروری است. در مورد فولادهای کم کرنش، نیویوم به عنوان یک عنصر میکروآلیاژی متداول شناخته شده است. نیویوم بهترین شرایط را برای تولید آستنیت پنکیکی<sup>۶</sup> قبل از وقوع استحاله و در حین عملیات نورد داغ در فولادهای کم کرنش فراهم می‌کند. با افزایش مقدار کرنش در ترکیب شیمیایی، مقدار کمتری نیویوم می‌تواند به صورت محلول جامد در آستنیت وجود داشته باشد. به همین دلیل رسوب‌گذاری کاربیدهای نیویوم در حین حرارت‌دهی مجدد و در حین عملیات نورد داغ برای فولادهای پرکرنش یوتکتوئیدی مشکل‌تر است [۱۰]. این موضوع بعلاوه مشکلات ناشی از جدایش این عنصر در مناطق مرکزی و افزایش سختی‌پذیری در این مناطق، باعث محدود شدن کاربرد این عنصر در میلگردها و سیم‌های یوتکتوئیدی گردیده است. اما در مورد عنصر میکروآلیاژی وانادیم، شرایط کاملاً متفاوت است.

<sup>1</sup> rastegary@birjandut.ac.ir

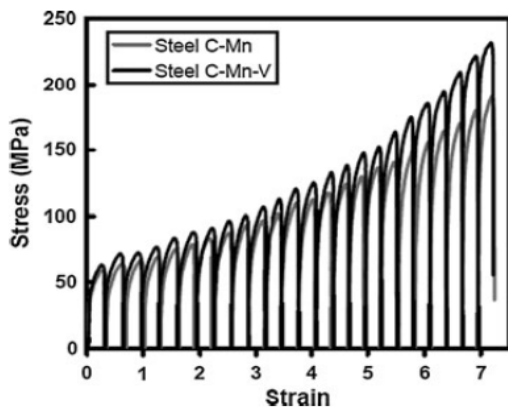
<sup>2</sup> Railroad concrete tie

<sup>3</sup> Radial Tire Cord

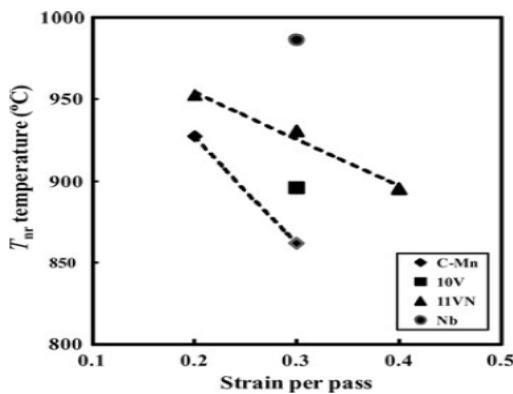
<sup>4</sup> Cold wire drawing

<sup>5</sup> Advanced steels

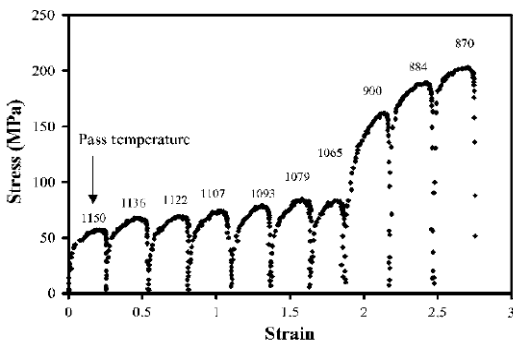
<sup>6</sup> Pancake



شکل ۱. منحنی های تنش - کرنش بدست آمده از تست پیچش چند عبوری به ازاء کرنش ۰/۳ در هر عبور برای فولاد یوتکتوئیدی ساده کربنی و فولاد یوتکتوئیدی میکروآلیاژی شده با وانادیم [۷].



شکل ۲. مقایسه مقادیر  $T_m$  بدست آمده برای فولاد یوتکتوئیدی ساده کربنی و فولاد یوتکتوئیدی میکروآلیاژی شده با وانادیم به عنوان تابعی از کرنش اعمالی در هر عبور [۴].

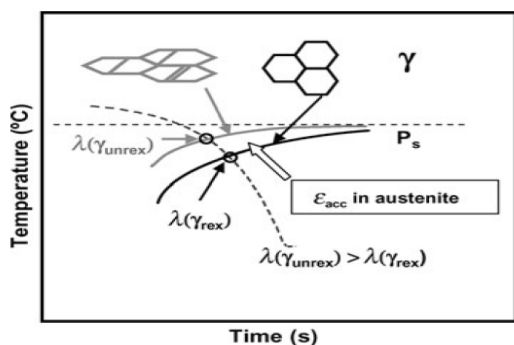


شکل ۳. منحنی تنش - کرنش بدست آمده پس از تست پیچش چند عبوری: ۷ عبور از ۱۱۵۰ تا ۱۰۶۵ درجه سانتیگراد با کرنش ۰/۲ به ازاء هر عبور و ۳ عبور از ۹۰۰ تا ۸۷۰ درجه سانتیگراد با کرنش ۰/۳ به ازاء هر عبور (ترکیب شیمیایی فولاد: ۰/۷۸ درصد کربن، ۰/۵۱ درصد سیلیسیم، ۰/۷۶ درصد منگنز، ۰/۲۳ درصد کروم، ۰/۰۳ درصد نیوبوم و ۰/۰۴۴ درصد نیتروژن) [۱۲].

در فولادهای کم کربن، ذرات VN یا V(C,N) در حین حرارت دهی مجدد به راحتی حل می شوند و در کل فرایند نورد داغ نیز وانادیم به صورت محلول جامد است. برای تشکیل این رسوبات لازم است زمان بین عبورها در عملیات نورد داغ به گونه ای برنامه ریزی شود که در عبورهای نهایی نورد، دما به اندازه کافی کاسته شده باشد و مقداری رسوب گذاری VN قبل از استحاله فازی در ساختار آستنیت رخ دهد [۱۱]. اما در طرف مقابل، با افزایش مقدار کربن (یا نیتروژن) در ترکیب شیمیایی، امکان رسوب گذاری ذرات نیتريد یا کاربید وانادیم متأثر از کرنش<sup>۱</sup> در حین نورد داغ فراهم می شود. در شکل ۱ منحنی تنش - کرنش بدست آمده از تست پیچش چند عبوری برای دو فولاد یوتکتوئیدی نشان داده شده است. یکی از فولادها از نوع فولاد ساده کربنی C-Mn و دیگری از نوع میکروآلیاژی و حاوی ۰/۱۱ درصد وزنی وانادیم (11VN) است. کرنش اعمالی در هر عبور ۰/۳ بوده است. همانگونه که مشاهده می شود، در عبورهای پایانی، تمایل بیشتری به کارسختی بخصوص در مورد فولاد حاوی وانادیم میکروآلیاژی وجود دارد. تست مشابهی برای مقادیر کرنش اعمالی مختلف در هر عبور انجام گرفته است و بدینوسیله دمای عدم وقوع تبلور مجدد ( $T_m$ ) اندازه گیری گردیده است. نتایج حاصل از تغییرات  $T_m$  بر حسب کرنش اعمالی در هر عبور در شکل ۲ آورده شده است. واضح است که با افزودن وانادیم، دمای  $T_m$  افزایش یافته است. در این شکل به منظور مقایسه، نتایج حاصل از تست مشابه بر روی فولادی با مقدار وانادیم مشابه با فولاد 11VN ولی محتوی نیتروژن بسیار کمتر (۲۸ ppm) در فولاد 10V و در مقابل ۱۱۰ ppm در فولاد 11VN نیز آورده شده است. ملاحظه می شود که دمای  $T_m$  برای فولاد 10V (حاوی نیتروژن کمتر) در مقایسه با فولاد 11VN (حاوی نیتروژن بیشتر) کاهش یافته است. در شکل ۳ مقدار  $T_m$  برای فولاد یوتکتوئیدی حاوی ۰/۰۳ درصد وزنی نیوبوم و در شرایط کرنش اعمالی ۰/۳ نیز اندازه گیری شده است. اگرچه احتمالاً تمام نیوبوم موجود در ترکیب شیمیایی پس از حرارت دهی مجدد تادمای ۱۲۰۰ درجه سانتیگراد به صورت محلول نیست، رسوبات متأثر از کرنش قادر به جلوگیری از وقوع تبلور مجدد در دماهای فوق العاده بالاتر بوده اند. این بدان معناست که رسوبات نیوبوم در فولادهای یوتکتوئیدی در دماهای بسیار بالا پایدار بوده و مانع از وقوع تبلور مجدد و همچنین امکان پذیری وقوع کرنش تجمع یافته در ساختار می شوند [۱۲].

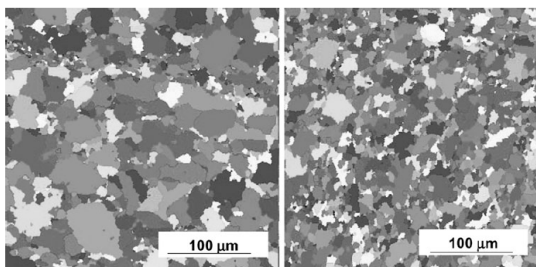
<sup>1</sup> Strain induced precipitation





شکل ۵. نمایش شماتیکی تأثیر شرایط آستنیت (وقوع یا عدم وقوع تبلور مجدد) بر استحاله پرلیتی و بازخورد آن بر فاصله بین لایه‌های [۴].

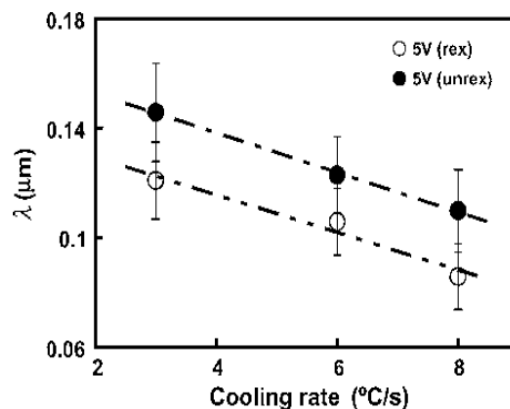
شکل ۶ مثالی دیگر از اصلاح ریزساختار را برای فولاد میکروآلیاژی حاوی ۰/۱۱ درصد وزنی وانادیم نشان می‌دهد. در این شکل، تصویر میکروسکوپی دانه بندی ریزساختار برای دو مقدار  $S_V$ ، نمایش داده شده است. این اصلاح ریزساختار باعث بهبود چقرمگی فولاد می‌شود.



شکل ۶. مقایسه بین تصویر دانه بندی بدست آمده برای  $S_V=54\text{mm}^{-1}$  (چپ) و  $S_V=95\text{mm}^{-1}$  (راست) در فولاد میکروآلیاژی حاوی ۰/۱۱ درصد وزنی وانادیم و برای سرعت سرد کردن  $3^\circ\text{C/s}$  [۴].

شکل ۷ نشان می‌دهد که کاربرد عملیات‌های ترمومکانیکی بر فولادهای یوتکتوئیدی دو اثر معکوس و متفاوت بر ریزساختار دارد. درشت شدن فاصله بین لایه‌های ( $\lambda$ ) و کاهش اندازه "واحد فریت" ( $D_p$ ). برخلاف آنچه در مورد فولادهای کم کربن رخ می‌دهد، وقوع چنین تغییرات ریزساختاری در فولادهای یوتکتوئیدی باعث کاهش استحکام و بهبود چقرمگی آن‌ها می‌شود. در شکل ۷ بطور شماتیک مقایسه‌ای بین این دو حالت نمایش داده شده است. همانطور که ملاحظه می‌شود، در فولادهای کم کربن با کاهش اندازه دانه آستنیت اولیه و ایجاد

پس از اینکه اثر مثبت میکروآلیاژی کردن با عنصر وانادیم بر حصول ساختار آستنیتی با کرنش تجمع یافته در حین نورد داغ تأیید شد؛ لازم است که تأثیر این رخداد از دو جنبه مورد ارزیابی قرار گیرد. اولاً کرنش تجمع یافته چگونه فاصله بین لایه‌های در ساختار پرلیتی را تحت تأثیر قرار می‌دهد. ثانیاً چه حدی از ریزدانگی برای متغیر ریزساختاری "واحد فریت" <sup>۱</sup> بدینوسیله قابل حصول است. تغییرات فاصله بین لایه‌های با سرعت سرد کردن در شکل ۴ نمایش داده شده است. همانگونه که ملاحظه می‌شود، برای یک سرعت سرد کردن معین، فاصله بین لایه‌های برای ساختار پرلیتی حاصل از آستنیت تغییرشکل یافته بیشتر از فاصله بین لایه‌های حاصل از ساختار تبلور مجدد یافته است. این بدان معناست که با کاهش  $\lambda$  استحکام ریزساختار پرلیتی کاهش خواهد یافت. چگونگی تأثیر آستنیت تغییرشکل یافته بر فاصله بین لایه‌های پرلیت را می‌توان از طریق تأثیر ریزساختار آستنیتی بر نمودار استحاله CCT توضیح داد. شماتیک نمودار استحاله CCT در شکل ۵ رسم گردیده است. کرنش تجمع یافته باعث جابه جایی موقعیت منحنی شروع استحاله پرلیتی به زمان‌های کوتاه‌تر و دماهای بالاتر می‌شود. در نتیجه برای یک سرعت سرد کردن معین، دمای استحاله پرلیتی بالاتر یا به عبارت دیگر تحت تبرید کمتر ( $\Delta T$  کمتر) برای ساختار تغییرشکل یافته بدست می‌آید. بنابراین مقدار فاصله بین لایه‌های بیشتری حاصل می‌شود [۴].



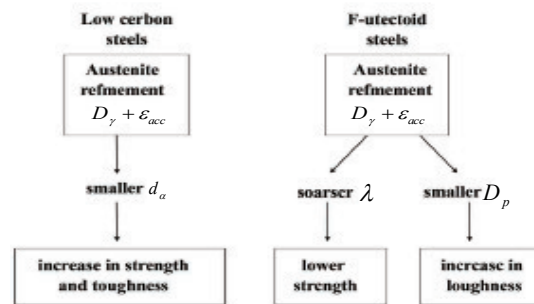
شکل ۴. تغییرات فاصله بین لایه‌های فولاد 5V بعنوان تابعی از سرعت سردکردن و شرایط آستنیت قبل از استحاله فازی [۶].

<sup>1</sup> Ferrite unit



بهینه در یک محدوده امن از دمای اعمالی و نرخ کرنش است؛ به گونه‌ای که مکانیزم‌های تشکیل عیوب ریزساختاری فعال نباشند. بدین وسیله می‌توان ریزساختار پرلیتی با فاصله بین لایه‌ای نانومتری را بطور مؤثر و با سرعت بالایی به ریزساختار کروی حاوی ذرات نانو/فوق ریزدانه سمیتیت تبدیل کرد [۲۶-۲۱]. هاریگان و شربی [۱۸] در تحقیقی سینتیک وقوع کروی شدن ریزساختار فولاد یوتکتوئیدی ساده را در حین اعمال کرنش پلاستیک مورد بررسی قرار داده‌اند. برای این منظور از عملیات فشار گرم در محدوده دمایی ۵۰۰ الی ۷۰۰ درجه سانتیگراد و نرخ کرنش ۰/۰۳ الی ۰/۰۰۳ بر ثانیه و اعمال کرنش پلاستیک ۰/۱ استفاده شد. آزمون‌ها در اتمسفر هوا انجام شد و پس از فشار گرم نمونه‌ها در هوا خنک شدند. همچنین جهت مطالعه کروی شدن استاتیک، نمونه‌هایی تحت فرایند آیل در دمای ۵۰۰ الی ۷۰۰ درجه سانتیگراد به مدت ۱، ۱۰ و ۱۰۰ ساعت قرار گرفتند. نتایج نشان داد که انرژی اکتیواسیون کروی شدن تقریباً ۴۲ کیلوکالری بر مول است که معادل انرژی اکتیواسیون نفوذ در خود آهن در آهن است. بر همین اساس پیشنهاد شد که فرایند کروی شدن سمیتیت یک فرایند کنترل شونده بوسیله نفوذ اتم‌های آهن در مرزدهانه‌ها است. مشاهدات ریزساختاری نشان داد که کروی شدن از مرزدهانه‌ها شروع می‌شود که مؤید نقش مؤثر نفوذ مرزدهانه‌ای در تشکیل ذرات کروی سمیتیت می‌باشد. همچنین اعمال تغییرشکل پلاستیک در حین کروی شدن، به دلیل افزایش مناطق نفوذ سریع نظیر مرزهای فرعی و ناهنجاری‌ها، باعث افزایش سینتیک کروی شدن می‌گردد [۱۸]. در تحقیقی دیگر ژانگ و همکارانش [۱۹] تأثیر تغییرشکل بر روی کروی شدن ریزساختار فولاد فوق پرکربن را ارزیابی کرده‌اند. ترکیب شیمیایی (درصد وزنی) شامل ۱/۱۱ کربن، ۰/۲۸ سیلیسیم، ۰/۶۶ منگنز است. آزمون فشار گرم در دمای ۷۰۰ و ۷۵۰ درجه سانتیگراد و محدوده بوسیله دستگاه شبیه‌ساز ترمومکانیکی Gleeble 1500 انجام شده است. شرایط آزمون‌های فشار گرم در شکل ۸ نشان داده شده است. همانطور که ملاحظه می‌شود، به منظور کامل شدن فرایند کروی شدن بصورت استاتیکی، سرعت سرد کردن بعد از تغییرشکل گرم بسیار آهسته (۰/۲ درجه سانتیگراد بر ثانیه) است.

کرنش تجمع یافته، اندازه دانه فریت کوچکتری حاصل شده و به دنبال آن استحکام و چقرمگی بالاتری بدست می‌آید. اما در مورد فولادهای یوتکتوئیدی، کاهش اندازه دانه آستنیت اولیه و ایجاد کرنش تجمع یافته به ترتیب باعث حصول  $D_p$  کمتر و  $\lambda$  بزرگتر می‌شود و به تبع آن چقرمگی افزایش و استحکام کاهش می‌یابد [۴].



شکل ۷. مقایسه تأثیر شرایط آستنیت (وقوع یا عدم وقوع تبلور مجدد) بر ریزساختار و خواص مکانیکی نهایی بین فولاد کم کربن HSLA و فولاد یوتکتوئیدی [۴].

### عملیات ترمومکانیکی در ناحیه دوفازی فریت+سمتیت

فولادهای یوتکتوئیدی به دلیل ریزساختار کاملاً لایه‌ای آن‌ها توانایی تبدیلی شدن به ساختار کاملاً کروی دارند. از طرفی ضخامت لایه‌های سمیتیت در ساختار پرلیتی همواره در محدوده نانو قرار دارد؛ لذا این تبدیلی ریزساختاری می‌تواند به حصول یک ریزساختار کروی نانو/فوق ریزدانه منجر شود که علاوه بر استحکام بالا دارای انعطاف پذیری و تافنس شکست مناسبی است. در گذشته تحقیقات گسترده‌ای [۲۰-۱۳] در زمینه کروی کردن ریزساختار پرلیتی بوسیله عملیات آیل استاتیک، شناسایی مکانیزم کروی شدن استاتیک (از طریق حل شدن کربن در محل فصل مشترک فریت سمیتیت بطور ترجیحی در مناطقی با انحنا بیشتر و راسب شدن مجدد که نهایتاً منجر به تکه تکه شدن لایه‌های سمیتیت می‌گردد) و راهکارهای تسریع فرایند کروی شدن مانند افزودن عنصر آلومینیوم انجام گرفته است. ولی به دلیل اینکه این فرایند بسیار زمان بر و پرهزینه بوده و همچنین منجر به حصول ریزساختار کروی حاوی ذرات درشت سمیتیت (در نتیجه کاهش قابل ملاحظه استحکام) می‌گردیده است، کاربرد آن محدود به موارد خاص بوده و توسعه نیافته است. از طرف دیگر کروی شدن ریزساختار از طریق وقوع مکانیزم کروی شدن دینامیکی نیز امکان‌پذیر است. وقوع این مکانیزم مستلزم انجام فرایند تغییرشکل گرم بصورت

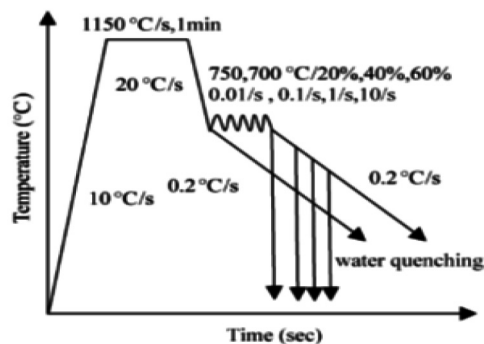
<sup>1</sup> Harrigan and Sherby

<sup>2</sup> S. L. Zhang et al

همچنین تاو و همکارانش [۲۰] مکانیزم کروی شدن لایه‌های سمنتیت را در حین تغییر شکل گرم زیر دمای استحاله آستنیت به پرلیت برای فولادهای یوکتوئیدی مورد بررسی قرار داده‌اند. نمونه‌های استوانه‌ای با ابعاد  $8 \times 12$  میلی‌متر جهت انجام آزمون فشار گرم بوسیله دستگاه Gleeble 3500 آماده گردیده است. قبل از عملیات فشار گرم نمونه‌ها در دمای  $800^\circ\text{C}$  درجه سانتیگراد به مدت  $30$  دقیقه آستنیت و سپس در آب نمک کوئنچ شده‌اند. بنابراین ریزساختار اولیه مارتنزیتی بوده است. فشار گرم تحت کرنش‌های اعمالی مختلف ( $15$ ،  $30$ ،  $50$  و  $70$  درصد) در محدوده دمایی  $550$  الی  $700^\circ\text{C}$  درجه سانتیگراد و نرخ کرنش  $0.01/s$  الی  $1/s$  بر ثانیه انجام گرفته است. نتایج بدست آمده از این تحقیق نشان داد که در دمای  $700^\circ\text{C}$  درجه سانتیگراد و نرخ کرنش  $0.1/s$  بر ثانیه تحت کرنش اعمالی  $50$  درصد بهترین ریزساختار کروی حاصل می‌شود. همچنین بررسی‌های ریزساختاری بوسیله میکروسکوپ الکترونی عبوری مشخص کرد که مکانیزم کروی شدن دینامیکی شامل تشکیل مرزهای فرعی داخل لایه‌های سمنتیت و سپس توسعه آن‌ها به شیار و در نتیجه افزایش حلالیت کربن در محل این شیارها است. در واقع به دلیل کاهش شعاع انحنا لایه سمنتیت در محل ایجاد شیار، میزان حلالیت کربن افزایش می‌یابد. بدینوسیله لایه‌های سمنتیت تکه تکه می‌شوند. در ادامه اتم‌های کربن در نوک تکه‌های سمنتیت حل شده و ذرات کروی سمنتیت ایجاد می‌شوند [۱۴ و ۲۰].

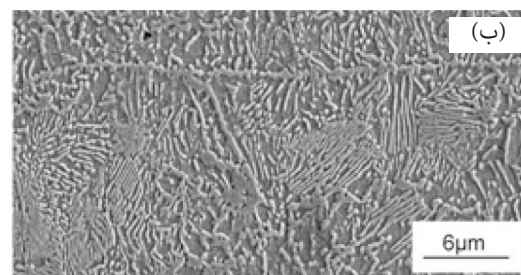
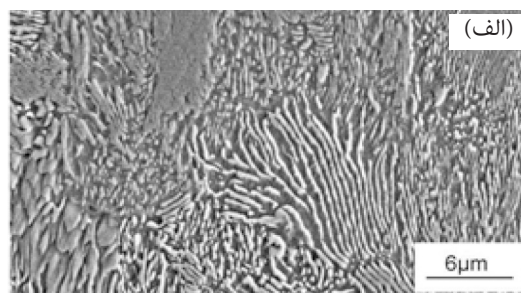
### جمع‌بندی

فراوری فولاد یوکتوئیدی به کمک عملیات ترمومکانیکی به منظور ایجاد تحولات ریزساختاری و بهبود خواص مکانیکی یکی از جدیدترین نوآوری‌های موجود در حوزه تولید فولادهای پیشرفته می‌باشد. در کنار این موضوع، افزودن عناصر میکروآلیاژی، خصوصاً وانادیم، نقش بسیار مؤثری در بهبود خواص مکانیکی دارد. نقش اصلی وانادیم به عنوان یک عنصر میکروآلیاژی در افزایش استحکام فولادهای یوکتوئیدی شامل تشکیل رسوبات بسیار ریز (حتی در مقیاس نانو) در فاز فریت لایه‌ای (در ساختار پرلیتی) و تشکیل فریت پروکتوئید است. مطالعات



شکل ۸. نمایش شماتیک روش‌های تغییر شکل گرم [۱۹].

نتایج این آزمایش‌ها نشان داد که عملیات فشار گرم در دمای  $700^\circ\text{C}$  درجه سانتیگراد (دمایی نزدیک به استحاله یوکتوئیدی) و سپس سرد کردن آهسته بعدی باعث کروی شدن مؤثر ریزساختار می‌شود (شکل ۹). لازم به ذکر است که هر چه مقدار نرخ کرنش کمتر و کرنش اعمالی در طول فشار گرم بیشتر باشد، کسر حجمی بیشتری از ریزساختار کروی می‌شود. به هر حال با توجه به شرایط فراوری در این تحقیق و تصاویر ریزساختاری بدست آمده بوسیله کوئنچ سریع نمونه‌ها پس از تغییر شکل گرم می‌توان گفت که غالب کروی شدن در حین فرایند سرد شدن آهسته بعدی رخ می‌داده است و تغییر شکل داغ مستقیماً باعث کروی شدن ریزساختار نگردیده است.



شکل ۹. نمونه آستنیت شده در  $1150^\circ\text{C}$  درجه سانتیگراد به مدت یک دقیقه، سرد شده با سرعت  $20^\circ\text{C}$  درجه سانتیگراد بر ثانیه تا  $700^\circ\text{C}$  درجه سانتیگراد، اعمال کرنش (الف)  $20$  درصد و (ب)  $40$  درصد و با نرخ کرنش  $1/s$  بر ثانیه و سپس سرد کردن آهسته تا  $600^\circ\text{C}$  درجه سانتیگراد [۱۹].

<sup>1</sup>Tao et al

<sup>2</sup>Ferrite unit

نزدیک به دمای  $T_{nr}$ ، نیروی محرکه پین کنندگی توسط رسوبات بر نیروی محرکه تبلور مجدد غالب است و در نتیجه تبلور مجدد به تاخیر می‌افتد. از طرف دیگر، عملیات ترمومکانیکی در ناحیه دوفازی فریت+سمنتیت می‌تواند منجر به وقوع مکانیزم کروی شدن دینامیکی و تبدیل بسیار سریع ریزساختار پرلیتی با فاصله بین لایه ای نانومتری به ریزساختار کروی حاوی ذرات نانو/فوق ریزدانه سمنتیت گردد. به هر حال، این فرایند مستلزم انجام کنترل دقیق دمای اعمالی و نرخ کرنش است؛ به گونه ای که مکانیزم‌های تشکیل عیوب ریزساختاری فعال نباشند.

انجام شده بر روی فولادهای یوتکتوئیدی نشان داده است که حصول استحکام کششی و چقرمگی بهینه وابسته به کنترل همزمان دو مشخصه ریزساختاری شامل فاصله بین لایه‌ای و اندازه "واحد فریتی" (تعداد کلونی‌های پرلیتی با جهت کریستالوگرافی نزدیک) می‌باشد. هنگامی که دمای تغییر شکل زیر دمای  $T_{nr}$  باشد (در محدوده تکفاز آستنیتی)، وقوع پدیده تجمع کرنشی در فاز آستنیت امکان پذیر می‌گردد. تجمع کرنش باعث کاهش قابل توجه اندازه دانه آستنیت و افزایش سطح ویژه مرزدانه ( $S_p$ ) و در نتیجه پس از استحاله منجر به تولید پرلیت فوق العاده ظریف با اندازه "واحد فریتی" ریزدانه می‌شوند. همچنین در رنج دمایی

#### منابع

- [1] Zhuchkov, S.M., Matochkin, V.A., Gorbanev, A.A., "Production of High-Quality Wire Rod", Steel in Translation, Vol. 37, pp. 448-452, 2007.
- [2] Verlinden, B., Driver, J., Samajdar, I., Doherty, R.D., ThermoMechanical Processing of Metallic Materials: Chapter 15- ThermoMechanical Processing of Steel, Elsevier, Britain, 2007.
- [3] Krauss, G., Steels: Processing, Structure, and Performance, Chapter 15: High-Carbon Steels Fully Pearlitic Microstructures and Applications, ASM International, 2005.
- [4] Weng, Y., Dong, H., Gan, Y., Advanced Steels: The Recent Scenario in Steel Science and Technology, Springer, New York, 2011.
- [5] Lutsenko, V.A., Matochkin, V.A., Khudolei, Y.L., Chernichenk, V.G., Lutsenko, O.V., "Influence of Thermomechanical Treatment and Alloying on the Properties of High Carbon Wire Rod", Steel in Translation, Vol. 40, pp. 853-856, 2010.
- [6] Izotov, B.I., "Precipitation of disperse vanadium carbides at the interphase boundary upon the pearlitic transformation of a steel", The Physics of Metals and Metallography, Vol. 111, pp. 592-597, 2011.
- [7] Jorge-Badiola, D., Iza-Mendia, a., López, B., Rodriguez-Ibabe, J.M., "Role of Vanadium Microalloying in Austenite Conditioning and Pearlite Microstructure in Thermomechanically Processed Eutectoid Steels", ISIJ International, Vol. 49, pp. 1615-1623, 2009.
- [8] Jorge-Badiola, D., Iza-Mendia, A., Rodriguez-Ibabe, J.M., López, B., "Influence of Thermomechanical Processing on the Austenite-Pearlite Transformation in High Carbon Vanadium Microalloyed Steels", ISIJ International, Vol. 50, pp. 546-555, 2010.
- [9] Fan, Z., Mingzhi, H., Deke, S., "The relationship between the strain-hardening exponent  $n$  and the microstructure of metals", Materials Science and Engineering: A, Vol. 122, pp. 211-213, 1989.
- [10] Zhang, J., Ding, H., Wang, C., Zhao, J., Ding, T., "Work hardening behaviors of a low carbon Nb-microalloyed Si-Mn quenching-partitioning steel with different cooling styles after partitioning", Materials Science and Engineering: A, Vol. 585, pp. 132-138, 2013.
- [11] Chiang, J., Lawrence, B., Boyd, J.D., Pilkey, a. K., "Effect of microstructure on retained austenite stability and work hardening of TRIP steels", Materials Science and Engineering: A, Vol. 528, pp. 4516-4521, 2011.
- [12] Cotrina, E., López, B., Rodriguez-Ibabe, J.M., Influence of thermomechanical treatment on the austenite-pearlite transformation in a high carbon Nb-microalloyed steel, Chicago, USA, 2003.
- [13] Zheng, C., Li, L., Yang, W., Sun, Z., "Microstructure evolution and mechanical properties of eutectoid steel with ultrafine or fine (ferrite+cementite) structure", Materials Science and Engineering: A, Vol. 599, pp. 16-24, 2014.
- [14] Chattopadhyay, S., Sellars, C.M., "Kinetics of pearlite spheroidisation during static annealing and during hot deformation", Acta Metallurgica, Vol. 30, pp. 157-170, 1982.
- [15] Wang, B., Song, X., Peng, H., "Design of a spheroidization processing for ultrahigh carbon steels containing Al", Materials & Design, Vol. 28, pp. 562-568, 2007.

- [16] Yi, H.L., Hou, Z.Y., Xu, Y.B., Wu, D., Wang, G.D., "Acceleration of spheroidization in eutectoid steels by the addition of aluminum", *Scripta Materialia*, Vol. 67, pp. 645–648, 2012.
- [17] Wang, Y.-T., Adachi, Y., Nakajima, K., Sugimoto, Y., "Quantitative three-dimensional characterization of pearlite spheroidization", *Acta Materialia*, Vol. 58, pp. 4849–4858, 2010.
- [18] Harrigan, M., Sherby, O., "Kinetics of spheroidization of a eutectoid composition steel as influenced by concurrent straining", *Materials Science and Engineering*, Vol. 7, pp. 177–189, 1971.
- [19] Zhang, S.L., Sun, X.J., Dong, H., "Effect of deformation on the evolution of spheroidization for the ultra high carbon steel", *Materials Science and Engineering: A*, Vol. 432, pp. 324–332, 2006.
- [20] Wu, T., Wang, M., Gao, Y., Li, X., Zhao, Y., Zou, Q., "Effects of Plastic Warm Deformation on Cementite Spheroidization of a Eutectoid Steel", *Journal of Iron and Steel Research, International*, Vol. 19, pp. 60–66, 2012.
- [21] Park, C.H., Kim, J.H., Hyun, Y.-T., Yeom, J.-T., Reddy, N.S., "The origins of flow softening during high-temperature deformation of a Ti–6Al–4V alloy with a lamellar microstructure", *Journal of Alloys and Compounds*, Vol. 582, pp. 126–129, 2014.
- [22] Zherebtsov, S., Murzinova, M., Salishchev, G., Semiatin, S.L., "Spheroidization of the lamellar microstructure in Ti–6Al–4V alloy during warm deformation and annealing", *Acta Materialia*, Vol. 59, pp. 4138–4150, 2011.
- [23] Wu, C., Yang, H., Fan, X., Sun, Z., "Dynamic globularization kinetics during hot working of TA15 titanium alloy with colony microstructure", *Transactions of Nonferrous Metals Society of China*, Vol. 21, pp. 1963–1969, 2011.
- [24] Seshacharyulu, T., Medeiros, S.C., Frazier, W.G., Prasad, Y.V.R.K., "Microstructural mechanisms during hot working of commercial grade Ti–6Al–4V with lamellar starting structure", *Materials Science and Engineering: A*, Vol. 325, pp. 112–125, 2002.
- [25] Miller, R.M., Bieler, T.R., Semiatin, S.L., "Flow Softening During Hot Working Of Ti-6al-4v With A Lamellar Colony Microstructure", *Scripta Materialia*, Vol. 40, pp. 1387–1393, 1999.
- [26] Ding, R., Guo, Z.X., Wilson, a., "Microstructural evolution of a Ti–6Al–4V alloy during thermomechanical processing", *Materials Science and Engineering: A*, Vol. 327, pp. 233–245, 2002.

## 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.

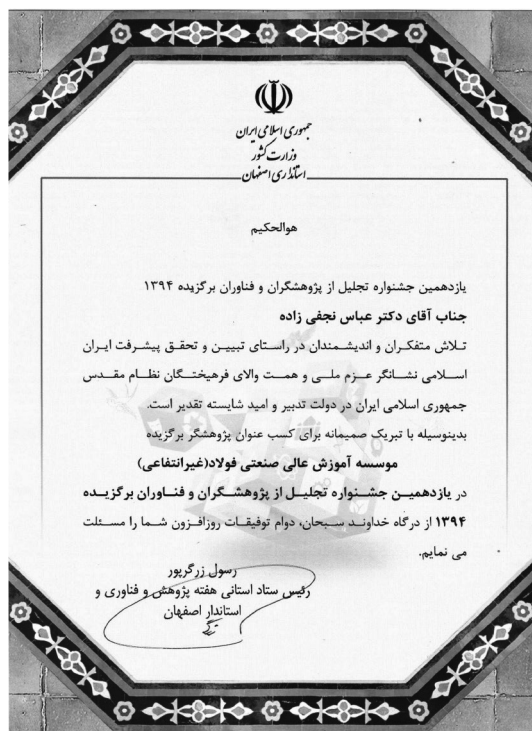
در این راستا از جنابعالی (استاد، مدیر، کارشناس و کاردان گرامی) درخواست می‌گردد هرگونه گزارشی در این رابطه داشته یا خواهید داشت جهت این نشریه ارسال فرمائید. قابل ذکر است که نشریه پیام فولاد به بیش از ۱۵۰۰ مرکز علمی و صنعتی و اعضاء انجمن ارسال می‌گردد. گزارشات ارسالی شامل چکیده، نتایج و بحث و جمع‌بندی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



پروفسور عباس نجفی زاده پژوهشگر برتر سال ۹۴

در یازدهمین جشنواره تجلیل از پژوهشگران و فناوران برتر استان اصفهان در سال ۹۴، طی آئینی که با حضور استاندار اصفهان آقای دکتر زرگرپور، حجت الاسلام و المسلمین انصاری معاون پارلمانی و امور مجلس ریاست جمهوری و رئیس دانشگاه اصفهان و برخی دیگر از مسئولین در مورخ ۹۴/۱۰/۷ روز دوشنبه در سالن پیامبر اعظم (ص) دانشگاه اصفهان برگزار شد از جناب آقای دکتر نجفی زاده به عنوان پژوهشگر برتر سال ۹۴ تقدیر گردید و لوح یادبودی به این مناسبت به ایشان اهداء گردید.

به ریاست آقای دکتر عباس نجفی زاده (رئیس هیأت مدیره انجمن) در دفتر این انجمن، در تاریخ‌های ۹۴/۸/۳، ۹۴/۸/۱۷ و ۹۴/۹/۱ برگزار شد. در این جلسات در خصوص تدوین اهداف و برنامه استراتژیک مرکز پژوهش و فناوری آهن و فولاد ایران و نیز تصمیم‌گیری در مورد نحوه تخصیص سهام بحث و تبادل نظر شد. شرکت کنندگان علاوه بر تأکید بر اثر سازنده و مستقیم تأسیس چنین مرکزی بر رشد و توسعه پایدار صنعت فولاد، به دلیل رفع خلأ موجود در خلق تکنولوژی‌های بومی و جدید خواستار تسریع در امر تأسیس این مرکز شدند.



جلسه هیأت مدیره انجمن آهن و فولاد ایران

جلسه هیأت مدیره در دفتر مدیریت انجمن آهن و فولاد ایران در مورخ ۹۴/۱۰/۱۶ با حضور اکثریت اعضاء هیأت مدیره برگزار گردید. در این جلسه ضمن قرائت صورتجلسه قبلی، آقای دکتر عباس نجفی زاده گزارشی از عملکرد انجمن در طی چند ماه گذشته و پیشرفت‌های انجام شده در مورد پیگیری کسب درجه علمی- پژوهشی ISI برای مجله بین‌المللی انجمن آهن و فولاد ایران، مشکلات برگزاری سمپوزیوم فولاد ۹۴ در کیش و تفاوت‌های آن با سمپوزیوم‌های قبلی و فعالیت‌های انجام شده در مورد تأسیس مرکز تحقیقات و فناوری فولاد ارائه نمودند. ایشان از آقای مهندس جولازاده مؤلف کتاب مرجع فولاد ۹۴ تقدیر و تشکر نمودند. آقای دکتر نجفی زاده با توجه به آماده شدن فضاها و وجود در انجمن، در مورد فعال شدن کمیته‌های تخصصی تأکید نمودند. سپس در ارتباط با تشکیل جلسه مجمع

پیگیری تشکیل مرکز تحقیقات و فناوری آهن و فولاد ایران

پس از تصویب ۲ قطعنامه در سمپوزیوم‌های فولاد ۹۰ و ۹۲ و تأیید لزوم تشکیل مرکز تحقیقات فولاد ایران با محوریت انجمن آهن و فولاد ایران، جلساتی با حضور تعدادی از اعضاء هیأت مؤسس انجمن، مدیران ارشد شرکت‌های بزرگ فولادی



عمومی مرکز تحقیقات و فناوری فولاد ایران در اوایل بهمن ماه جاری و ارسال دعوتنامه آن صحبت‌هایی ایراد نمودند.



تألیف آقای مهندس جولازاده (عضو هیأت مدیره انجمن آهن و فولاد ایران) تهیه و چاپ گردید.

### تشکیل کمیته دانشجویی انجمن آهن و فولاد ایران

انجمن آهن و فولاد ایران به منظور برنامه‌ریزی و برگزاری مسابقات علمی و کارگاه‌های آموزشی برای دانشجویان و علاقمندان، اقدام به تشکیل کمیته دانشجویی نموده است. در اولین گام این کمیته با همکاری انجمن علمی مؤسسه آموزش عالی صنعتی فولاد، اقدام به برگزاری سمیناری تحت عنوان "فناوری‌های نوین در صنعت فولاد" نمود. این سمینار در تاریخ ۳۰ / ۰۹ / ۹۴ توسط آقای مهندس محمد حسن جولازاده در مؤسسه آموزش عالی فولاد برگزار گردید.

### انعقاد تفاهم‌نامه بین انجمن آهن و فولاد ایران و مؤسسه آموزش عالی صنعتی فولاد

در راستای تحقق اهداف مشترک در خصوص کمک به ارتقاء سطح دانش در صنعت فولاد کشور در زمینه‌های آموزشی و پروژه‌های کاربردی، تفاهم‌نامه‌ای در مورخه ۲۴ / ۸ / ۹۴، بین انجمن آهن و فولاد ایران و مؤسسه آموزش عالی صنعتی فولاد منعقد گردید.

### سمینار علمی اهمیت نقش تحقیق و توسعه در صنایع فولاد

این سمینار در روز چهارشنبه ۲۵ / ۹ / ۹۴ توسط آقای مهندس محمد حسن جولازاده در محل شرکت فولاد آلیاژی اصفهان از طرف انجمن آهن و فولاد ایران برگزار گردید و مورد استقبال شرکت‌کنندگان قرار گرفت.

### حامیان مالی سمپوزیوم فولاد ۹۴ (بارتبه Diamond)

شرکت‌های مشروحه زیر از سمپوزیوم فولاد ۹۴ که قرار است در تاریخ‌های ۴ و ۵ اسفند در کیش برگزار شود حمایت مالی کرده‌اند اسامی این شرکت‌ها به شرح زیر می‌باشد:

شرکت فولاد مبارکه اصفهان، شرکت ذوب آهن اصفهان، شرکت فولاد خوزستان، گروه ملی صنعتی فولاد ایران، شرکت فولاد اکسین خوزستان، شرکت گسترش صنایع معدنی کاوه پارس، شرکت پیشگام تجهیز سهند، شرکت یگانه اندیش صنعت.

### اقدامات انجام شده جهت برگزاری سمپوزیوم فولاد ۹۴

با توجه به اینکه قرار است سمپوزیوم فولاد امسال در تاریخ‌های ۵ و ۴ اسفند در مرکز همایش‌های بین‌المللی کیش برگزار گردد، سربرگ، پاکت، پوستر و بروشور جهت اطلاع رسانی برای اعضای انجمن و شرکت‌های فعال در زمینه صنعت فولاد، دانشگاه‌ها، مقامات و... ارسال گردید. تاکنون نیز چندین جلسه در مرکز همایش‌ها و نمایشگاه‌های کیش با حضور مسئولین انجمن آهن و فولاد ایران و مسئولین مرکز همایش‌های کیش برگزار گردیده است و امکانات زیربنایی، مسائل اجرایی و هماهنگی‌های اولیه مورد بحث و ارزیابی قرار گرفت. در پی فراخوان سمپوزیوم، بیش از ۲۵۰ مقاله کامل در زمینه‌های مرتبط دریافت شد و هر مقاله توسط سه نفر متخصص در زمینه تخصص مقاله داوری شده و مقالات انتخاب شده در فرآیند ویرایش و آماده‌سازی برای چاپ می‌باشد. داوری مقالات در محل ساختمان انجمن آهن و فولاد ایران در مورخه ۲ / ۱۰ / ۹۴ برگزار گردید.

### اولین مجمع عمومی مرکز تحقیقات فولاد ایران

قرار است اولین مجمع مرکز تحقیقات فولاد ایران در تاریخ ۷ / ۱۱ / ۹۴ در محل آمفی تئاتر ساختمان انجمن آهن و فولاد ایران برگزار گردد.

### چاپ کتاب مرجع فولاد ۹۴

این کتاب به ارائه آمار سالیانه‌ای از تولید و مصرف مواد اولیه صنعت فولاد می‌پردازد که می‌تواند برای مسئولین و دست‌اندرکاران مفید باشد. امسال ششمین شماره از این کتاب به نام مرجع فولاد ۹۴ به

### شرکت فولاد مبارکه اصفهان

از ۸ میلیون دلار به خارج از کشور صادر که در مقایسه با مدت مشابه سال قبل (۱۲۰۹۳ تن) بیش از ۳۸ درصد رشد وزنی داشته است. این محصولات فولادی در قالب گروه‌های سخت‌شونده، زنگ نزن، ابزار سردکار، عملیات حرارتی‌پذیر، کربنی، کیفی و صنعتی ساختمانی به کشورهای آلمان- اسپانیا- امارات- افغانستان- ایتالیا- بلژیک- ترکیه- پاکستان- عراق- پرتغال- چک- کره جنوبی و هلند صادر شده است. ضمناً برای اولین بار در سال جاری، پنج کشور عراق، بلغارستان، پرتغال، پاکستان و چک نیز به بازارهای هدف محصولات شرکت فولاد آلیاژی ایران اضافه شد و فولادهایی از گروه زنگ نزن، ابزار سردکار، عملیات حرارتی‌پذیر، سخت‌شونده سطحی و صنعتی عمرانی به این کشورها صادر گردید.

### شرکت سهامی ذوب آهن اصفهان

#### چهار پروفیل جدید در سید محصولات ذوب آهن اصفهان

به گزارش روابط عمومی ذوب آهن اصفهان چهار محصول جدید شامل تیر آهن بال پهن ۱۴۰ (H) مطابق استاندارد ملی ایران به شماره ۱۴۴۸۴ (I-5)، آرماتورهای آج ۵۰۰ در سایزهای متنوع و مطابق استاندارد ملی ایران به شماره ۳۱۳۲، نبشی ۱۰ بال مساوی با طراحی کالیبراسیون جدید و آرماتور با مارک B500B تولید شد.

### شرکت فولاد هرمزگان

#### تثبیت کربن و درجه فلزی آهن اسفنجی در واحد احیاء مستقیم فولاد هرمزگان

به گزارش روابط عمومی شرکت فولاد هرمزگان، با تلاش و همت کارکنان واحد احیاء مستقیم شرکت حداقل کربن و درجه فلزی (متالیزاسیون) آهن اسفنجی در این شرکت تثبیت شد. در این حالت میزان مناسب کربن حالت پفکی سرباره و در نتیجه مصرف انرژی الکتریکی و نسوز در فولاسازی کاهش می‌یابد، ضمن اینکه هرچه درجه فلزی بالاتر باشد ذوب بیشتری استحصال می‌شود و انرژی الکتریکی در کوره‌های ذوب کاهش می‌یابد.

#### تولید ورق‌های «رنگ چروک» در فولاد مبارکه اصفهان

بنا به گزارش روابط عمومی شرکت، برای اولین بار در کشور ۳۰ تن ورق «رنگ چروک» با کیفیت قابل رقابت با انواع مشابه کره‌ای و چینی در خط ورق رنگی فولاد مبارکه تولید شد. این نوع ورق با ارزش افزوده بالاتر نسبت به ورق‌های معمولی از انواع ورق‌های ویژه تولیدی در فولاد مبارکه می‌باشد و در بازارهای داخلی و صادراتی و بیشتر در بخش‌های داخلی ساختمان، دکوراسیون منازل و بعضاً در نمای بیرونی ساختمان‌ها کاربرد دارند.

#### بومی‌سازی ترموکوپل‌های نوع فلزات کمیاب در آزمایشگاه کالیبراسیون

به گزارش روابط عمومی شرکت فولاد مبارکه اصفهان در راستای بومی‌سازی تجهیزات مورد نیاز در خطوط تولید و همچنین به منظور کاهش هرچه بیشتر هزینه‌ها، واحد آزمایشگاه کالیبراسیون اقدام به ساخت ترموکوپل‌های نوع فلزات کمیاب (نوع S و R) با کیفیت برتر و با هزینه‌ای کمتر از ۳۳ درصد نمونه مشابه خارجی، در داخل شرکت نمودند.

#### دستیابی به دانش فنی تعمیرات اساسی اسپیندل نورد گرم

به گزارش روابط عمومی شرکت فولاد مبارکه اصفهان، به همت کارکنان این شرکت دانش فنی تعمیرات اساسی کوپلینگ‌های اسپیندل رافینگ نورد گرم در کشور نهادینه شد و از این پس علاوه بر بی‌نیاز شدن ارسال این تجهیز به خارج از کشور، سالانه مبالغ قابل توجهی صرفه جویی اقتصادی حاصل شد.

### شرکت فولاد آلیاژی ایران

#### رشد ۳۸ درصدی صادرات در شرکت فولاد آلیاژی ایران

بنا به گزارش روابط عمومی شرکت فولاد آلیاژی، طی ۹ ماه اول سال ۹۴ میزان ۱۶۷۴۰ تن از محصولات این شرکت به ارزش بیش

### بهره برداری از کوره تونلی جدید شرکت فرآورده های

#### نسوز ایران

بنا به گزارش روابط عمومی شرکت فرآورده های نسوز ایران بهره برداری از یک دستگاه کوره تونلی پخت آجرهای نسوز در آبان ماه سال جاری در این شرکت آغاز گردید. این کوره جایگزین کوره های شاتل قدیمی شرکت گردید که بدلیل تکنولوژی پائین و استهلاک ناشی از چهار دهه بهره برداری مداوم، کانون مصرف بالای انرژی (گاز و برق) بوده و علاوه بر هدر رفتن انرژی، از منظر زیست محیطی نیز ضرورت های کلان

کشور در زمینه توسعه پایدار را تأمین نمی نمود. ظرفیت تولید این کوره ۱۶۰۰۰ تن در سال می باشد. احداث کوره مذکور، مصارف انرژی در فرآیند پخت آجرهای شاموتی و آلومینایی در این شرکت را در مقایسه با کوره های شاتل به کمتر از ۳۰ درصد کاهش داده است. مجموع کاهش مصرف انرژی (برق و گاز) در اثر احداث کوره مذکور معادل صرفه جویی ۲۰۰۰۰ بشکه نفت خام در سال برآورد گردیده است. علاوه بر آن، بدلیل برخورداری این کوره از آخرین تکنولوژی های روز، علاوه بر حذف هرگونه آلاینده های در خروجی های کوره به اتمسفر، ضریب ایمنی و کیفی فرآیند پخت نیز بشدت افزایش یافته است.

#### جناب آقای مهندس هومن حقیقی راد

بدینوسیله انتصاب بجا و شایسته جنابعالی را به سمت مدیرعامل شرکت آسین فولاد تبریک عرض نموده، توفیق روز افزون حضرتعالی را از درگاه ایزد منان خواستارم.

دکتر عباس نجفی زاده  
رئیس هیأت مدیره انجمن آهن و فولاد ایران

#### جناب آقای مهندس محمد ابراهیم قدیریان

بدینوسیله انتصاب بجا و شایسته جنابعالی را به سمت مدیرعامل شرکت فولاد آلیاژی ایران تبریک عرض نموده، توفیق روز افزون حضرتعالی را از درگاه ایزد منان خواستارم.

دکتر عباس نجفی زاده  
رئیس هیأت مدیره انجمن آهن و فولاد ایران

#### جناب آقای مهندس محمد رضا مدرس خیابانی

بدینوسیله انتصاب بجا و شایسته جنابعالی را به سمت مدیرعامل شرکت فولاد خوزستان تبریک عرض نموده، توفیق روز افزون حضرتعالی را از درگاه ایزد منان خواستارم.

دکتر عباس نجفی زاده  
رئیس هیأت مدیره انجمن آهن و فولاد ایران

### نگاهی گذرا به بازار سنگ آهن سال ۲۰۱۵

درصد کاهش یافت. به گزارش روابط عمومی سازمان توسعه و نوسازی معادن و صنایع معدنی ایران (ایمیدرو) به نقل از مجله متال بولتن، در نه ماهه نخست سال ۲۰۱۴، میزان تولید جهانی فولاد ضدزنگ ۳۱/۳۴ میلیون تن بود که در مدت مشابه سال ۲۰۱۵ به ۳۱/۲۸ میلیون تن کاهش یافت. بنا به گزارش انجمن بین‌المللی فولاد ضدزنگ، این کاهش ناشی از کاهش تولید در آفریقا و اروپای غربی است که با ۳/۸ درصد کاهش نسبت به مدت مشابه سال گذشته به ۵/۷۳ میلیون تن رسید. در آسیا نیز، به استثناء چین، میزان تولیدات این محصول ۷/۰۷ میلیون تن بود که ۰/۹ درصد نسبت به مدت مشابه سال گذشته کاهش یافته است. اروپای شرقی و مرکزی نیز با ۷/۱ درصد کاهش نسبت به مدت مشابه سال گذشته ۱۹۸ هزار تن فولاد ضد زنگ تولید کردند. بنابر این گزارش کاهش تولید در این مناطق در نه ماهه نخست سال جاری میلادی ناشی از افزایش تولید چین، بزرگترین تولیدکننده فولاد جهان، است که با ۷ درصد افزایش تولید نسبت به مدت مشابه سال گذشته میزان تولیدات فولاد ضد زنگ خود را به ۱۶/۱۳ میلیون تن رساند. در همین مدت در امریکا نیز میزان تولیدات این محصول با ۲/۳ درصد افزایش نسبت به مدت مشابه سال گذشته به ۲/۱۵ میلیون تن رسید.

به گزارش ماین نیوز، سال ۲۰۱۵، سال خوبی برای سنگ آهنی‌ها نبود و به مرور زمان در سال قیمت سنگ آهن بیشتر از قبل کاهش یافت و برخی از معادن سنگ آهن در دنیا را به تعطیلی کشاند. دلیل اصلی کاهش قیمت سنگ آهن را می‌توان کاهش رشد اقتصادی چین و نیاز این کشور به عنوان بزرگ‌ترین مصرف‌کننده سنگ آهن برای تولید فولاد دانست و در عین حال در سال‌های اخیر معادن بزرگی در کشورهای مختلف از جمله استرالیا به چرخه تولید سنگ آهن اضافه شده‌اند. این امر سبب شد سنگ آهن به پایین‌ترین قیمت خود در طی سال‌های گذشته برسد و حتی کارشناسان پیش‌بینی مناسبی از وضعیت این سنگ معدنی برای دو سال آینده هم نداشته باشند. در روزهای پایانی سال ۲۰۱۵ هم برای سنگ آهنی‌ها و هم فولادی‌ها بهتر از ماه‌های اخیر بود، چراکه با توجه به کاهش تولید فولاد در چین به دلیل کاهش تقاضا، قیمت فولاد در بازار جهانی تا حدودی با افزایش همراه بود. هرچند که کاهش تولید فولاد نشانه کاهش تقاضاست و به طور کلی این امر برای سنگ آهن نکته مثبتی تلقی نمی‌شود، اما قیمت جهانی سنگ آهن در دو هفته اخیر افزایش یافته است.

### فناوری تولید پودر آلومینا از ماده معدنی کائولن توسط روسال

شرکت روسال روسیه یکی از بزرگ‌ترین تولیدکنندگان شمش آلومینیوم دنیا، از ماده معدنی کائولن برای تولید پودر آلومینا استفاده کرد. به گزارش روابط عمومی سازمان توسعه و نوسازی معادن و صنایع معدنی ایران (ایمیدرو)، وارداتی بودن بخش زیادی از بوکسیت مورد نیاز دومین شرکت بزرگ شمش آلومینیوم در جهان، سبب خلق فناوری جدید استحصال آلومینا شده، به طوری که این بازار کائولن بهره‌گرفته شده است. شرکت‌های روسی پیشتر از ماده معدنی نقلین سینیت برای تهیه پودر آلومینا بهره‌گرفته بودند. روشی که در ایران نیز (به دلیل

### اجرای تعرفه ۲۵۵/۸ درصدی آمریکا برای رفع دامپینگ چینی‌ها

در سال جاری سهم فولاد وارداتی در بازار فولاد آمریکا به رقم ۲۹ درصد رسیده است و همین موضوع باعث شده تا کارخانه‌های فولاد بیشتری در این کشور تعطیل شده و کارگران بیشتری بیکار شوند. به گزارش استیل ایران به نقل از ماین نیوز، در همین حال وزارت بازرگانی آمریکا به صورت اولیه تعرفه‌های ضد دامپینگ روی واردات فولاد از چین را رقم ۲۵۵/۸ درصد تعیین کرد. همچنین هند، ایتالیا و کره جنوبی نیز مشمول تعرفه‌های ۶/۹۲ درصدی آمریکا شده‌اند. تایوان هم البته در خطر تعرفه‌گذاری آمریکا قرار گرفت اما توانست از اعمال تعرفه فرار کند.

### کاهش تولید جهانی فولاد ضد زنگ در سال ۲۰۱۵

در نه ماهه نخست سال ۲۰۱۵، تولید جهانی فولاد ضدزنگ ۵



کمبود بوکسیت) در دست اجرا قرار دارد. به نوشته «متال بولتن» این شرکت روسی بر روی فناوری جدید استحصال آلومینا از کائولین سرمایه‌گذاری کرده است که بنا به گزارشی که در روزهای اخیر منتشر شد متخصصان روسال توانسته اند جواب مثبت از این روش اخذ کنند. از همین رو این شرکت اعلام کرده پایلوت موجود (تولید به روش نیمه صنعتی) در اوایل ۲۰۱۶ به بهره‌برداری کامل می‌رسد و ۱ کیلوگرم پودر آلومینا در ساعت تولید خواهد کرد. به گفته مقامات این شرکت، بعد از این مرحله، احداث یک واحد تولید پودر آلومینا به ظرفیت یک میلیون تن در سال در دستور کار قرار می‌گیرد. طبق گزارش‌های منتشر شده ذخایر کائولین روسیه حدود ۲۰ میلیارد تن برآورد شده است.

### 👉 قیمت پایین نفت، مشکلی دیگر برای فولادسازان آمریکایی

به گزارش بلومبرگ، بر اساس آمار دفتر سرشماری ایالات متحده، فولاد خارجی وارد شده به آمریکا در ماه نوامبر نسبت به نوامبر سال گذشته ۳۶ درصد کاهش یافته است. این در حالی است که قیمت‌های داخلی در پایین‌ترین سطح ۹ سال اخیر خود قرار داشته و مالیات روی محصولات وارد شده از ۶ کشور،

عامل ناعادلانه شدن قیمت تلقی می‌شود. با این حال هنوز اکثر ظرفیت کارخانه‌های آمریکایی از زمان بحران اقتصادی تاکنون غیرفعال باقی مانده است و در هفته منتهی به ۲۱ دسامبر تنها ۶۱ درصد از ظرفیت آنها در حال عملیات است. کاهش ظرفیت به دلیل افت تقاضای لوله‌های فولادی و متهم مورد استفاده در صنعت انرژی و پس از کاهش ۶۶ درصدی قیمت در ۱۸ ماه اخیر رخ داده است. پیش از این، فروش محصولات با حاشیه سود بالا به شرکت‌های نفت و گاز باعث کمک به کارخانه‌های شیل آمریکا شده بود. روز سه‌شنبه، تیما تنرز، تحلیلگر شرکت بنک آو آمریکا اعلام کرد: «به نظر من واردات تنها مشکل پیش‌روی کارخانه‌های فولاد داخلی نیست. هیچ کس انتظار باقی‌ماندن این قیمت‌های پایین نفت را در طولانی مدت نداشته است. یک نتیجه مهم از فروپاشی قیمت انرژی برای مصرف فولاد این است که تخلیه موجودی شرکت‌های فولاد و انرژی با کاهش تقاضا و تشدید کاهش مصرف، زمان بیشتری طول خواهد کشید.» وی افزود: «کارخانه‌های داخلی در سال ۲۰۱۴، به قیمت تولیدی محصول بالاتر از دیگر نقاط جهان متهم شده و این موضوع موجب بالارفتن واردات شده است.» براساس آمار استیل‌ایندکس، قیمت ورق گرم فولاد در سال جاری افتی ۳۸ درصدی را تجربه کرده است.

بیشترین صادرات خالص فولاد جهان را کشور چین به میزان ۷۸ میلیون تن انجام داده است.

(کتاب مرجع فولاد ۹۴)

آیا می‌دانید؟

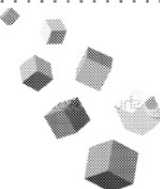
بیشترین واردات خالص فولاد جهان را کشور آمریکا به میزان ۲۹/۴ میلیون تن انجام داده است.

(کتاب مرجع فولاد ۹۴)

آیا می‌دانید؟

عناوين مقالات مندرج در مجلات بين المللى آهن و فولاد  
(در اين شماره)

Journal of Iron and Steel Research, International  
Volume 22, Issue 11, Pages 977-1068 (November 2015)

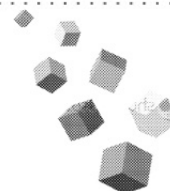


- **Manufacturing Technology and Application Trends of Titanium Clad Steel Plates**  
Hang SU | Xiao-bing LUO | Feng CHAI | Jun-chang SHEN | Xin-jun SUN | Feng LU, Pages 977-982
- **Behavior of Element Vaporization and Composition Control of Fe-Ga Alloy during Vacuum Smelting**  
Jian-wu YAN | Liang LUO | A-fang PENG | Chen-shu ZHANG | Qing-hua CAO, Pages 983-989
- **Analysis on Shear Deformation for High Manganese Austenite Steel during Hot Asymmetrical Rolling Process Using Finite Element Method**  
Feng-li SUI | Xin WANG | Jun ZHAO | Biao MA | Chang-sheng LI, Pages 990-995
- **Plate Shape Control Theory and Experiment for 20-high Mill**  
Zheng-wen YUAN | Hong XIAO, Pages 996-1001
- **Optimization of Cooling Process of Iron Ore Pellets Based on Mathematical Model and Data Mining**  
Gui-ming YANG | Xiao-hui FAN | Xu-ling CHEN | Xiao-xian HUANG | Xi LI, Pages 1002-1008
- **Formation of Hearth Sediment during Vanadium Titano-magnetite Smelting in Blast Furnace No.7 of Chengde Iron and Steel Company**  
Xiao-jie LIU | Qing LÜ | Shu-jun CHEN | Zhen-feng ZHANG | Shu-hui ZHANG | Yan-qin SUN, Pages 1009-1014
- **Mn Diffusion at Early Stage of Intercritical Annealing of 5Mn Steel**  
Xi-nan LUO | Xiao-yan ZHONG | Hai-wen LUO | Hui-hua ZHOU | Cun-yu WANG | Jie SHI, Pages 1015-1019
- **Corrosion Behavior of S450EW Low-alloy Weathering Steel in Cyclically Alternate Corrosion Environments**  
Jun-shan WANG | Pei-yang SHI | Cheng-jun LIU | Mao-fa JIANG, Pages 1020-1023
- **Relationship between Dislocation Density in P91 Steel and Its Nonlinear Ultrasonic Parameter**  
Ye-qing CAI | Jin-zhong SUN | Cheng-jie LIU | Shi-wei MA | Xi-cheng WEI, Pages 1024-1030
- **Effect of Subcritical Annealing Temperature on Microstructure and Mechanical Properties of SCM435 Steel**  
Cheng JI | Lei WANG | Miao-yong ZHU, Pages 1031-1036
- **Precipitation Behavior of V-N Microalloyed Steels during Normalizing**  
Tao PAN | Xi-yang CHAI | Jin-guang WANG | Hang SU | Cai-fu YANG, Pages 1037-1042
- **Hot Deformation Behavior of GH738 for A-USC Turbine Blades**  
Li WANG | Gang YANG | Ting LEI | Shu-biao YIN | Lu WANG, Pages 1043-1048
- **Effects of Cr Content and Annealing Temperature on Microstructure and Wear Characteristics of Cast Ausfer-rite Nodular Iron**  
Jia-peng ZOU | Kazumichi SHIMIZU | Qi-zhou CAI, Pages 1049-1054
- **Effect of Chromium on Microstructure and Mechanical Properties of Cold Rolled Hot-dip Galvanizing DP450 Steel**  
Yun HAN | Shuang KUANG | Hua-sai LIU | Ying-hua JIANG | Guang-hui LIU, Pages 1055-1061
- **Effect of Precipitation on Intergranular Corrosion Resistance of 430 Ferritic Stainless Steel**  
Xun-zeng HUANG | Dan WANG | Yi-tao YANG, Pages 1062-1068

عناوین مقالات مندرج در مجله بین المللی آهن و فولاد ایران  
(در این شماره)

International Journal of Iron & Steel Society of Iran

Volume 12, Number 2 (December 2015)



◆ **The Effect of Cold Rolling Process on the Microstructure and Texture Evolution in a 1wt% Si Non-oriented Electrical Steel**

A. Sonboli, M. R. Toroghinejad, H. Edris and J. A. Szpunar

◆ **Growth Defects and Chromium Content Loss During the Deposition of Stainless Steel by CAE-PVD and Its Effect on the Corrosion and Passivation Behavior of the Coating**

A. Sanati, K. Raeissi, H. Edris

◆ **Investigation of Wear Mechanism in Quenched and Tempered Medium Carbon-High Chromium Martensitic Steel Using Dry Sand/Rubber Wheel**

S.M. Sehri, H. Ghayour, K. Amini, M. Naseri, H. Rastegari, V. Javaheri

◆ **Investigating the Effect of the Deep Cryogenic Heat Treatment on the Mechanical Properties and Corrosion Behavior of 1.2080 Tool Steel**

K. Amini, A. Akhbarizadeh, S. Javadpour, M. Kasiri

◆ **A Corrosion Study of Grain-Refined 304L Stainless Steels Produced by the Martensitic Process**

M. Atapour, M.M. Dana, F. Ashrafizadeh

◆ **The Impact of MnO, Li<sub>2</sub>O, ZnO and TiO<sub>2</sub> on Mold Powders Viscosity Using Hot Stage Microscope Analysis**

A.R. Arefpour, A. Shafieirad, A. Monshi, A. Saidi, M. Monshi

◆ **Observation of Stacking Fault Tetrahedral in TWIP Steel**

G. Dini, S. Vercammen



## معرفی کتاب



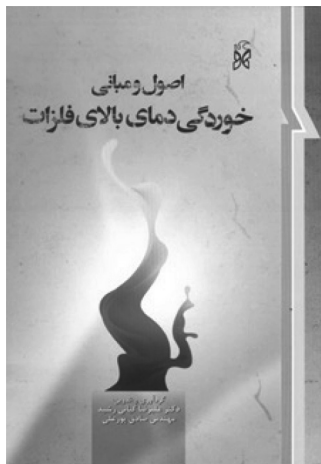
عنوان کتاب: مرجع فولاد ۹۴

گردآوری و تدوین: مهندس محمد حسن جولزاده

سال انتشار: ۱۳۹۴

### معرفی:

تولید و مصرف فولاد به عنوان یک شاخص مهم توسعه پایدار جوامع و کشورها محسوب می‌شود. دانستن اطلاعات و آمارهای کشور و شرکت‌های مختلف جهان در جهت کمک و توسعه صنعت فولاد کشور مؤثر خواهد بود. انجمن آهن و فولاد ایران به عنوان انجمن علمی برتر کشور بر خود وظیفه دانسته است کتاب مرجع فولاد را که حاوی اطلاعات آمار و شاخص‌های مهم صنایع فولاد جهان و ایران می‌باشد، جهت استفاده در زمینه‌های کاری، با به کارگیری تجارب و منابع مختلف صنایع فولاد دنیا و ایران برای بار ششم منتشر نماید. به یاری خداوند قرار است کتاب مرجع فولاد همه ساله با اطلاعات و آمارهای به روز شده و جدید به چاپ برسد.



عنوان کتاب: اصول و مبانی خوردگی دمای بالای فلزات

گردآوری و تدوین: دکتر علیرضا کیانی رشید - مهندس صادق پورعلی

سال انتشار: ۱۳۹۱

### معرفی:

در مجموعه حاضر سعی شده است که با ارایه مفاهیم بنیادی اکسیداسیون و خوردگی دمای بالا افق‌های روشنی از این موضوع برای خوانندگان نمایان شود. در آغاز مقدمه‌ای ساده و قابل فهم همراه با معرفی کامل روش‌های بررسی نمونه‌ها در شرایط دمای بالا ارائه شده است. در فصل‌های دوم و سوم به ترتیب ملاحظات ترمودینامیکی و سینتیکی خوردگی دمای بالا مطرح شده است. فصل چهارم مرور جامعی بر مکانیزم‌ها، فصل پنجم و ششم اکسیداسیون فلزات خالص و آلیاژها، فصل هفتم بررسی سایر اتمسفرهای اکسیدان، فصل هشتم خوردگی داغ، فصل نهم خوردگی ناشی از گردش فلزی در فلزات و آلیاژها و در فصل دهم پوشش‌های دمای بالا مورد بررسی قرار گرفته است.



## بین‌المللی سمینارهای

No	Title	Location	Date	Organization
1	Rod & Bar Rolling – A Practical Training Seminar	San Antonio, TX, USA	22–25 February 2016	AIST Rod & Bar Rolling Technology Committee
2	China Iron Ore 2016	Beijing, China	01 - 03 March 2016	Metal Bulletin Events
3	AMM's 9th Tube & Pipe Conference	Shangri-La Hotel, Qingdao, China	08 - 09 March 2016	MetalBulletin Events
4	The Making, Shaping and Treating of Steel: 101	Huntsville, AL, USA	8–10 March 2016	AIST
5	Steel Markets North America	Chicago, USA	14 - 15 March 2016	Platts
6	World Steel Conference 2016	Dusseldorf, Germany	16 - 18 March 2016	CRU
7	Steel Success Strategies XXXI	New York , USA	13 - 15 June 2016	MetalBulletin Events

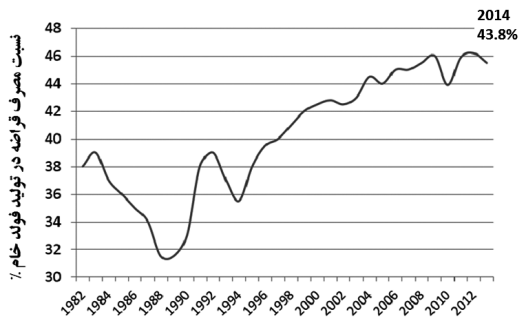
## داخلی سمینارهای

پایگاه اینترنتی	زمان	عنوان	ردیف
www.aofcompany.com	۱۲-۱۴ اردیبهشت ماه ۱۳۹۵	اولین کنفرانس بین‌المللی مهندسی عمران و مواد - سنگاپور	۱
www.iiac20.ir	۲۲ و ۲۳ اردیبهشت ۱۳۹۵	چهارمین کنفرانس بین‌المللی آلومینیوم ایران	۲
www.lcfca.ir	۲۹ و ۳۰ اردیبهشت ۱۳۹۵	اولین کنفرانس ملی کاربرد کامپوزیت‌ها در صنعت ساخت	۳
www.nrseconf.ir	۱۲ و ۱۳ خرداد ماه ۱۳۹۵	کنفرانس پژوهش‌های نوین در علوم و مهندسی	۴
www.tepco.ir	۲۲ و ۲۳ خرداد ماه ۱۳۹۵	سومین همایش ملی تکنولوژی‌های نوین در شیمی، پتروشیمی و نانو ایران	۵

## چالش‌های تأمین و مصرف قراضه فولاد جهان در سال ۲۰۱۴

تهیه و تنظیم: مهندس محمد حسن جولازاده

مشاور عالی شرکت ککک طبس



شکل ۱. روند مصرف قراضه در تولید فولاد خام کشور آلمان.

### مقدمه

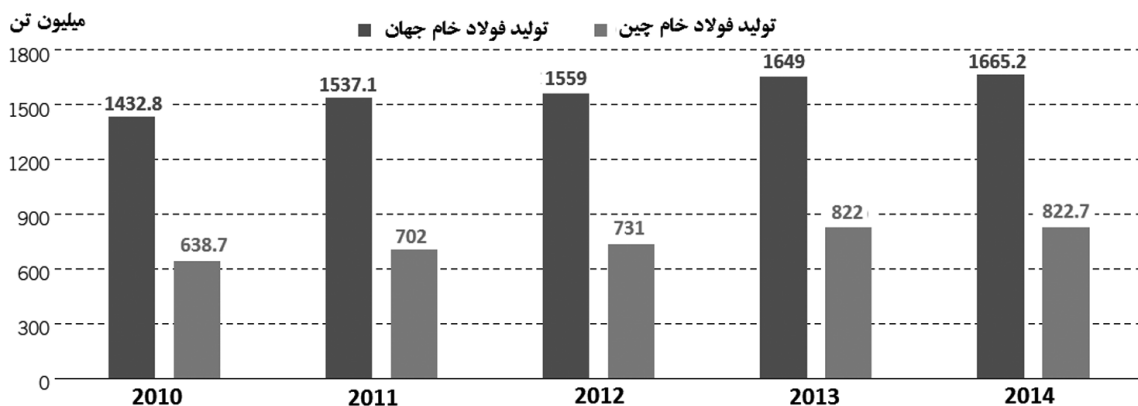
استفاده از قراضه‌های فولادی در تولید فولاد خام یکی از شاخص‌های مهم پایداری صنایع فولاد جهان به شمار می‌آید. از مزایای اصلی بکارگیری قراضه فولاد در تولید فولاد، کاهش چشمگیر میزان مصرف انرژی ویژه و انتشار ویژه گاز گلخانه‌ای CO<sub>2</sub> است. منافع تولید فولاد با شارژ صد در صد قراضه فولاد در مقایسه با تولید فولاد از سنگ آهن را می‌توان به شرح ذیل خلاصه کرد.

- کاهش مصرف آب به میزان ۴۰ درصد.
- کاهش آلودگی هوا به میزان ۸۵ درصد.
- کاهش مصرف انرژی، به میزان ۷۵ درصد.
- کاهش مصرف کربن به میزان ۹۵ درصد.

ضمناً استفاده از قراضه در تولید فولاد منجر به صرفه جویی منابع طبیعی می‌گردد. بازای هر تن فولاد تولیدی ۱۳۰۰ کیلوگرم سنگ آهن، ۷۰۰ کیلوگرم ذغال سنگ و ۶۰ کیلوگرم سنگ آهک دست نخورده باقی می‌ماند. شایان ذکر است امروزه بیش از ۳۵٫۱ درصد فولاد خام جهان با قراضه فولادی بدست می‌آید. در کشور ایران بدلیل عدم دسترسی به قراضه فولادی کافی در کوره‌های قوس الکتریکی، آهن اسفنجی جایگزین قراضه فولادی می‌شود. شایان ذکر است در سال ۲۰۱۴، ایران از نظر تولید آهن اسفنجی بر پایه گاز طبیعی با تولید ۱۴٫۶ میلیون تن در جهان در رده اول ایستاده است. در سال گذشته در شرکت فولاد آرسلور میتال، ۳۱ میلیون تن قراضه فولاد بازیافت شده است. لذا از انتشار ۴۰ میلیون تن گاز CO<sub>2</sub> جلوگیری گردیده است. نسبت مصرف قراضه فولاد در تولید فولاد خام کشور آلمان در سال ۲۰۱۴ در حدود ۴۳٫۸ درصد بوده است. در شکل ۱ روند صادرات و واردات قراضه فولادی کشور آلمان دیده می‌شود.

### تولید و مصرف قراضه در صنایع فولاد

آمارهای سال ۲۰۱۴ نشان می‌دهد که بازار قراضه فولاد تحت تأثیر رکوردهای جدید تولید فولاد خام جهان قرار گرفته است. بعد از بحران اقتصادی سال ۲۰۰۹ و بهبود شرایط تولید فولاد طی سال‌های ۲۰۱۰ - ۲۰۱۳ میزان تولید فولاد خام دنیا در سال ۲۰۱۴ به سطح بالاتر از ۱۶۶۵ میلیون تن رسید. این مطلب نشانگر افزایش تولید فولاد خام جهان به میزان ۱ درصد نسبت به سال ۲۰۱۳ است. در کلیه کشورهای تولیدکننده اصلی فولاد، نرخ افزایش تولید تک رقمی بوده است. بالاترین نرخ افزایش تولید را کشور قطر با ۳۶٫۳ درصد داشته است. بیشترین کاهش تولید را نیز با ۱۷٫۱ درصد، کشور اکراین داشته است. افزایش بالای تولید آسیا و شمال آمریکا ناشی از تقاضای زیاد به محصولات فولادی بوده است. با نگاهی به وضعیت کشورهای اصلی مصرف کننده قراضه فولاد، آمارهای انجمن آهن و فولاد بین‌المللی تأیید می‌نماید که میزان تولید فولاد خام کشور چین در سال ۲۰۱۴، با رشد ۰٫۱ درصد نسبت به سال ۲۰۱۳ به ۸۲۳ میلیون تن رسیده است. در حالیکه سهم این کشور در تولید فولاد خام جهان از ۴۹٫۸ درصد در سال ۲۰۱۳ به ۴۹٫۴ درصد در سال ۲۰۱۴ کاهش یافته است. در شکل ۲ روند تولید فولاد خام جهان و سهم کشور چین در این تولید مشاهده می‌گردد.



شکل ۲. روند تولید فولاد خام جهان و سهم کشور چین.

۲۰۱۳، ۰،۹ درصد افزایش یافته است.

میزان مصرف قراضه در اتحادیه اروپا، آمریکا و چین به ترتیب ۹۱،۳، ۶۲ و ۸۸،۳ میلیون تن گزارش شده است. نرخ رشد مصرف قراضه کشورهای یاد شده در مقایسه با سال ۲۰۱۳ به ترتیب ۱، ۵، ۱ و ۳ درصد گزارش شده است. در سال گذشته سهم فرآیند کوره قوس الکتریکی در تولید فولاد خام اتحادیه اروپا (۲۸)، چین و آمریکا به ترتیب ۳۹، ۶، ۱ و ۶۲، ۶ درصد بوده است. سهم فرآیند کوره قوس الکتریکی در کشورهای ژاپن، کره جنوبی و روسیه نیز به ترتیب ۲۳، ۲ و ۳۳، ۸ و ۲۹ درصد گزارش شده است. سهم فرآیند تولید کوره قوس الکتریکی در تولید فولاد خام ترکیه ۶۹، ۸ درصد به ثبت رسیده است.

در جداول ۱ تا ۷ روند تولید فولاد، مصرف قراضه و سهم فرآیندهای تولید فولادسازی در کشورهای اتحادیه اروپا (۲۸)، آمریکا، چین، ژاپن، کره جنوبی، روسیه و ترکیه نشان داده شده است.

میزان تولید فولاد خام کشور ژاپن با ۰،۱ درصد رشد نسبت به سال قبل به ۱۱۰،۷ میلیون تن رسیده است. در اتحادیه اروپا با ۱،۸ درصد رشد منفی، تولید فولاد خام به ۱۶۹،۳ میلیون تن رسیده و در کشور آمریکا نیز با ۱،۵ درصد رشد منفی، ۸۸،۲ میلیون تن فولاد خام حاصل شده است. در اتحادیه اروپا (۲۸) بیشترین مصرف قراضه فولادی را با ۱۹،۶۹ میلیون تن، کشور ایتالیا داشته است. میزان مصرف قراضه فولادی کشور آلمان نیز ۱۹،۱ میلیون تن به ثبت رسیده است. در سال گذشته میزان مصرف قراضه فولادی در صنایع فولاد کشور انگلستان ۴،۱ میلیون تن به ثبت رسیده است.

میزان تولید فولاد خام کشورهای روسیه و ترکیه به ترتیب ۷۱،۵ و ۳۴ میلیون تن به ثبت رسیده است. رشد تولید فولاد این دو کشور نسبت به سال ۲۰۱۳ به ترتیب ۳،۶ و ۱،۸- درصد بوده است. طبق برآوردهای کلی، میزان مصرف قراضه طبق برآوردهای کلی، میزان مصرف قراضه در صنایع فولاد جهان در سال گذشته بالغ بر ۵۸۵ میلیون تن بوده است که نسبت به سال

جدول ۱. روند تولید فولاد، مصرف قراضه و سهم فرآیندهای تولید در اتحادیه اروپا (۲۸).

	۲۰۱۴	۲۰۱۳	۲۰۱۲	۲۰۱۱	۲۰۱۰	
تولید فولاد خام (میلیون تن)	۱۶۹.۳	۱۶۶.۳	۱۶۸.۸	۱۷۷.۸	۱۷۲.۹	
سهم کورتور اکسیژنی (%)	۶۱	۶۰.۲	۵۸.۳	۵۷.۴	۵۷.۷	
سهم کوره قوس الکتریکی (%)	۳۹	۳۹.۶	۴۱.۷	۴۲.۶	۴۱.۹	
کل مصرف قراضه (میلیون تن)	۹۱.۳	۹۰.۳	۹۴.۲	۱۰۱.۱	۹۶.۵	
نسبت قراضه به فولاد خام (%)	۵۳.۹	۵۴.۳	۵۵.۹	۵۶.۳	۵۵.۸	
						٪ ۲۰۱۳/۲۰۱۴
						+ ۱.۸
						-
						-
						+ ۱
						-

جدول ۲. روند تولید فولاد، مصرف قراضه و سهم فرآیندهای تولید در چین.

% ۲۰۱۳/۲۰۱۴	۲۰۱۴	۲۰۱۳	۲۰۱۲	۲۰۱۱	۲۰۱۰	
+ ۰.۱	۸۲۲.۷	۸۲۲	۷۳۱	۷۰۲	۶۳۸.۷	تولید فولاد خام (میلیون تن)
	۹۳.۹	۹۰.۵	۸۹.۸	۸۹.۸	۹۰.۲	سهم کنورتور اکسیژنی (%)
	۶.۱	۹.۵	۱۰.۱	۱۰.۱	۹.۸	سهم کوره قوس الکتریکی (%)
+ ۳	۸۸.۳	۸۷.۷	۸۴	۹۱	۸۸.۱	کل مصرف قراضه (میلیون تن)
	۱۰.۷	۱۰.۴	۱۱.۵	۱۳	۱۳.۸	نسبت قراضه به فولاد خام (%)

جدول ۳. روند تولید فولاد، مصرف قراضه و سهم فرآیندهای تولید در آمریکا.

% ۲۰۱۳/۲۰۱۴	۲۰۱۴	۲۰۱۳	۲۰۱۲	۲۰۱۱	۲۰۱۰	
+ ۱.۵	۸۸.۲	۸۶.۹	۸۸.۷	۸۶.۴	۸۰.۵	تولید فولاد خام (میلیون تن)
	۳۷.۴	۳۹.۴	۴۰.۹	۳۹.۷	۳۸.۷	سهم کنورتور اکسیژنی (%)
	۶۲.۶	۶۰.۶	۵۹.۱	۶۰.۳	۶۱.۳	سهم کوره قوس الکتریکی (%)
+ ۵.۱	۶۲	۵۹	۶۳	۶۳	۶۰	کل مصرف قراضه (میلیون تن)
	۷۰.۳	۶۷.۹	۷۱	۷۲.۹	۷۴.۳	نسبت قراضه به فولاد خام (%)

جدول ۴. روند تولید فولاد، مصرف قراضه و سهم فرآیندهای تولید در ژاپن.

% ۲۰۱۳/۲۰۱۴	۲۰۱۴	۲۰۱۳	۲۰۱۲	۲۰۱۱	۲۰۱۰	
+ ۰.۱	۱۱۰.۷	۱۱۰.۶	۱۰۷.۲	۱۰۷.۶	۱۰۹.۶	تولید فولاد خام (میلیون تن)
	۷۶.۸	۷۷.۵	۷۶.۸	۷۶.۹	۷۸.۲	سهم کنورتور اکسیژنی (%)
	۲۳.۲	۲۲.۵	۲۳.۲	۲۳.۱	۲۱.۸	سهم کوره قوس الکتریکی (%)
+ ۰.۶	۳۶.۹	۳۶.۷	۳۵.۵	۳۷.۲	۳۸.۴	کل مصرف قراضه (میلیون تن)
	۳۳.۳	۳۳.۲	۳۳.۱	۳۴.۶	۴۵	نسبت قراضه به فولاد خام (%)

جدول ۵. روند تولید فولاد، مصرف قراضه و سهم فرآیندهای تولید در کره جنوبی.

% ۲۰۱۳/۲۰۱۴	۲۰۱۴	۲۰۱۳	۲۰۱۲	۲۰۱۱	۲۰۱۰	
+ ۸.۳	۷۱.۵	۶۶.۱	۶۹.۱	۶۸.۵	۵۸.۹	تولید فولاد خام (میلیون تن)
	۶۶.۲	۶۱	۶۲.۴	۶۱.۵	۵۷.۹	سهم کنورتور اکسیژنی (%)
	۳۳.۸	۳۹	۳۷.۶	۳۸.۵	۴۲.۱	سهم کوره قوس الکتریکی (%)
- ۰.۳	۳۲.۶	۳۲.۷	۳۲.۶	۳۰.۸	۲۹.۱	کل مصرف قراضه (میلیون تن)
	۴۵.۶	۴۹.۵	۴۷.۲	۴۵	۴۹.۶	نسبت قراضه به فولاد خام (%)

جدول ۶. روند تولید فولاد، مصرف قراضه و سهم فرآیندهای تولید در روسیه.

% ۲۰۱۳/۲۰۱۴	۲۰۱۴	۲۰۱۳	۲۰۱۲	۲۰۱۱	۲۰۱۰	
+ ۳.۶	۷۱.۵	۶۹	۷۰.۲	۶۸.۹	۶۶.۹	تولید فولاد خام (میلیون تن)
	۶۸.۱	۶۶.۳	۶۳.۴	۶۳.۴	۶۳.۴	سهم کنورتور اکسیژنی (%)
	۲۹	۳۰.۱	۲۷	۲۶.۹	۲۶.۹	سهم کوره قوس الکتریکی (%)
- ۰.۵	۲۸.۱	۱۹.۴	۲۰.۱	۲۱	۲۱.۵	کل مصرف قراضه (میلیون تن)
	۲۷	۲۸.۱	۲۸.۶	۳۰.۵	۳۲.۱	نسبت قراضه به فولاد خام (%)



جدول ۷. روند تولید فولاد، مصرف قراضه و سهم فرآیندهای تولید در ترکیه.

٪ ۲۰۱۳/۲۰۱۴	۲۰۱۴	۲۰۱۳	۲۰۱۲	۲۰۱۱	۲۰۱۰	
- ۱.۸	۳۴	۳۴.۷	۳۵.۹	۳۴.۱	۲۹.۱	تولید فولاد خام (میلیون تن)
	۳۰.۲	۲۸.۷	۲۶	۲۵.۹	۲۹.۳	سهم کنورتور اکسیژنی (٪)
	۶۹.۸	۷۱.۳	۷۴	۷۴	۷۱.۷	سهم کوره قوس الکتریکی (٪)
- ۷.۳	۲۸.۲	۳۰.۴	۳۲.۴	۳۰.۸	۲۵.۳	کل مصرف قراضه (میلیون تن)
	۸۲.۹	۸۷.۶	۹۰.۳	۹۰.۳	۸۶.۹	نسبت قراضه به فولاد خام (٪)

ثبت رسیده است. سهم فرآیند تولید فولاد خام جهان به روش کنورتور اکسیژنی نیز ۱۲۲۷,۶ میلیون تن (۷۳,۹ درصد) گزارش شده است. در جدول ۸ سهم فرآیندها و مواد آهن دار در تولید فولاد خام جهان نشان داده شده است.

دلیل اصلی مصرف بالای قراضه در اتحادیه اروپا، آمریکا و ترکیه، رشد تولید فولاد در کوره های قوس الکتریکی با شارژ ۱۰۰ درصد قراضه فولادی می باشد. در سال گذشته میزان تولید فولاد خام جهان به روش کوره قوس الکتریکی ۴۲۵,۸ میلیون تن (۲۵,۶ درصد کل فولاد خام جهان) به

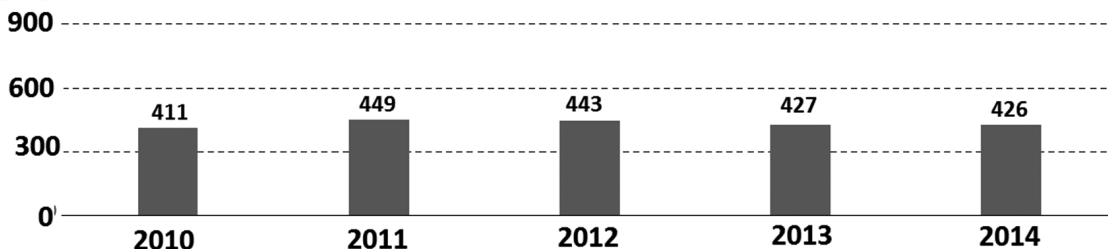
جدول ۸. سهم فرآیندها و مواد آهن دار در تولید فولاد خام جهان.

٪ ۲۰۱۳/۲۰۱۴	۲۰۱۴	۲۰۱۳	۲۰۱۲	۲۰۱۱	۲۰۱۰	
+ ۰.۹۹	۱۶۶۵	۱۶۴۹	۱۵۵۹	۱۵۳۷	۱۴۳۳	(تولید فولاد خام (میلیون تن
+ ۱.۷۹	۱۲۲۸	۱۲۰۶	۱۰۹۹	۱۰۶۵	۹۸۷	سهم کنورتور اکسیژنی (میلیون تن)
- ۰.۱۸	۴۲۶	۴۲۷	۴۴۳	۴۴۹	۴۱۱	سهم کوره قوس الکتریکی (میلیون تن)
	۲۵.۸	۲۵.۹	۲۸.۴	۲۹.۲	۲۸.۷	سهم کوره قوس الکتریکی (٪)
+ ۰.۹۷	۱۲۱۹	۱۲۰۷	۱۱۲۴	۱۱۰۵	۱۰۳۴	تولید چدن (میلیون تن)
	۷۳.۲	۷۳.۲	۷۲.۱	۷۱.۹	۷۲.۲	نسبت چدن مذاب به فولاد خام (٪)
+ ۰.۸۶	۵۸۵	۵۸۰	۵۷۰	۵۷۰	۵۳۰	قراضه فولادی (میلیون تن)
	۳۵.۱	۳۶.۲	۳۶.۶	۳۷.۱	۳۷.۰	نسبت قراضه به فولاد خام (٪)
+ ۴.۰۰	۷۸	۷۶	۷۴	۷۳	۷۰	تولید آهن اسفنجی (میلیون تن)
	۴.۷	۴.۶	۴.۷	۴.۸	۴.۹	نسبت آهن اسفنجی به فولاد خام (٪)
+ ۱.۰۶	۱۸۸۲	۱۸۶۲	۱۷۶۷	۱۷۴۸	۱۶۳۴	کل مواد آهن دار (میلیون تن)
	۱۱۳.۰	۱۱۳.۰	۱۱۳.۳	۱۱۳.۷	۱۱۴.۰	نسبت کل مواد آهن دار بر فولاد خام (٪)

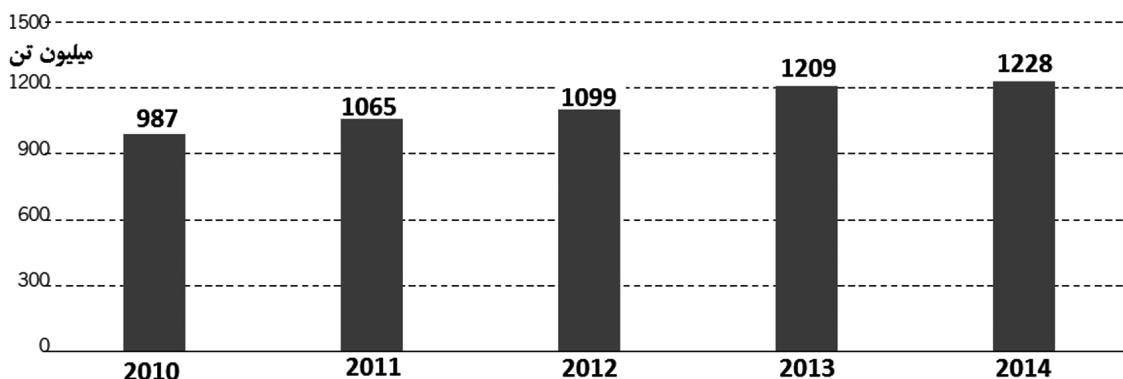
کشور چین، میزان مصرف قراضه در فولادسازی، ۲۲۷ کیلوگرم بر تن پیش بینی شده است. ضمناً در کشورهای روسیه و ترکیه مصرف قراضه کاهش و در کشور ژاپن مصرف قراضه در تولید فولاد افزایش یافته است. میزان مصرف قراضه و رشد آن در کشورهای یاد شده به ترتیب ۱۹,۳ (۰,۵ - درصد) و ۲۸,۲ (۷,۳ - درصد)، ۳۶,۹ (۰,۶ درصد) میلیون تن به ثبت رسیده است.

روند تولید فولاد جهان به روش کوره قوس الکتریکی و کنورتور اکسیژنی به ترتیب در اشکال ۳ و ۴ مشاهده می گردد. کل مواد آهن دار ورودی فولادسازی های جهان بالغ بر ۱۸۸۲ میلیون تن برآورد شده است. مطابق آمارهای ارائه شده در سال ۲۰۱۴ میزان مصرف قراضه در فولادسازی های کشور چین، ۱۰۷ کیلوگرم بر تن بوده است. در حالیکه در سال ۲۰۱۳ این نرخ، ۱۰۴ کیلوگرم بر تن گزارش شده است. مطابق برنامه توسعه ۵ ساله (۲۰۱۱-۲۰۱۵)

میلیون تن



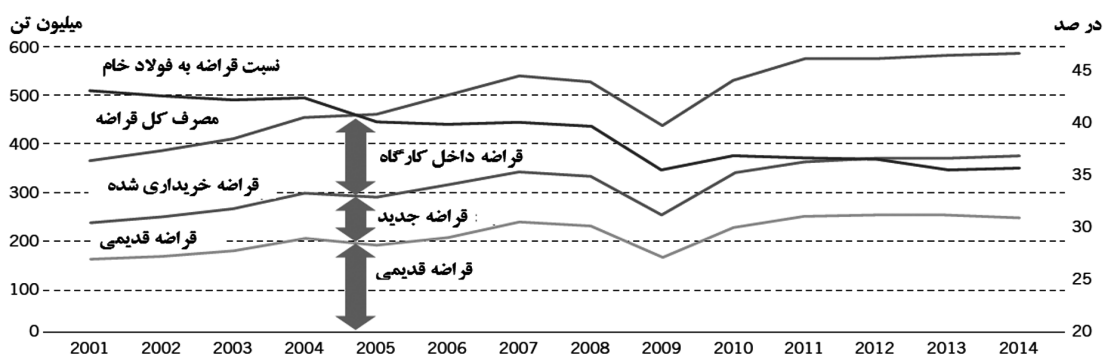
شکل ۳. روند تولید فولاد جهان به روش کوره قوس الکتریکی.



شکل ۴. روند تولید فولاد جهان به کنورتور اکسیژنی.

مذاب نسبت به فولاد خام جهان کمتر بوده است. طبق برآوردهای انجام شده، میزان مصرف قراضه خریداری شده در تولید فولاد خام جهان با رشد ۳ میلیون تنی به ۳۷۸ میلیون تن افزایش یافته است که ۳۵,۲ درصد آن ناشی از قراضه های برگشتی از صنایع پایین دستی است و ۶۴,۸ درصد آن را قراضه های خریداری شده قدیمی تشکیل می دهد (شکل ۵).

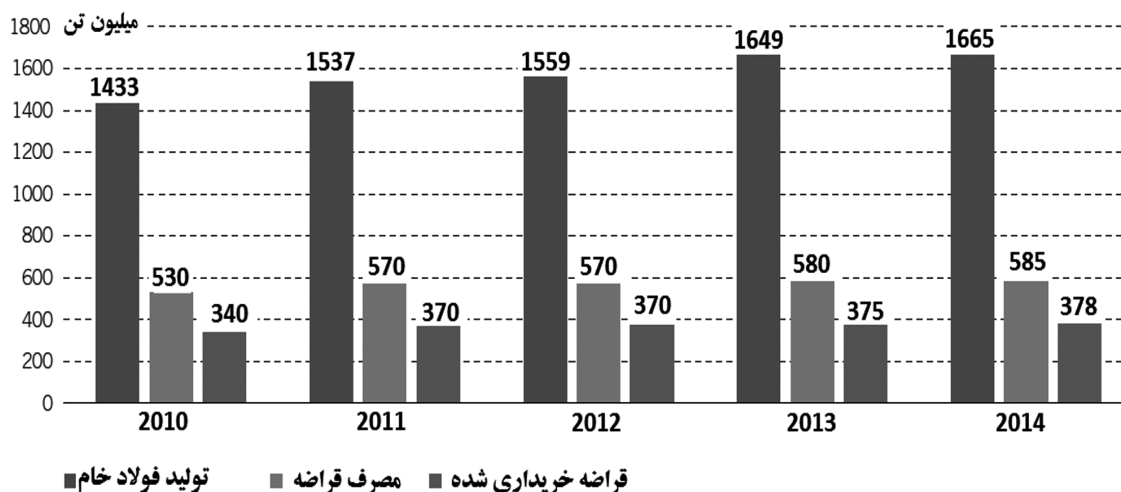
سهم قراضه فولاد در تولید فولاد خام کشور ترکیه، ۸۲,۹ درصد بوده است. در حالیکه میانگین نرخ دنیا، ۳۵,۱ درصد برآورد شده است. طبق محاسبات انجام شده، میزان مصرف قراضه داخل کارگاهی با افزایش ۰,۹۸ درصد به ۲۰۷ میلیون تن رسیده است. استفاده وسیع از فرآیند ریخته گری مداوم و فرآیند ریخته گری شبیه فولاد به محصول نهایی، رشد مصرف این نوع قراضه فولادی را کمتر کرده است. از طرف دیگر میزان افزایش تولید چدن



شکل ۵. روند مصرف و نسبت قراضه در تولید فولاد خام جهان.

چدن و فولاد، ۶۱,۷ درصد (۴۴,۳ میلیون تن) برآورد شده است. در شکل ۶ نیز روند مصرف کل قراضه و قراضه خریداری شده در تولید فولاد خام از نظر می گذرد.

محاسبات انجام شده نشان می دهد که قراضه های خریداری شده واحدهای تولید فولاد، ۶۴,۶ درصد قراضه مصرفی این واحدها را تشکیل می دهد. این نرخ برای واحدهای ریخته گری قطعات



شکل ۶. روند تولید فولاد، مصرف قراضه و قراضه خریداری شده جهان.

است. از طرف دیگر در شرکت گروه ملی صنعتی فولاد یک شیریدر قدیمی در حال بازسازی است. در جدول ۹ آنالیز مصرف انواع قراضه فولادی در تولید فولاد خام جهان دیده می شود.

لذا فرآوری بهینه سازی قراضه در تولید فولادهای با کیفیت مطلوب اهمیت زیادی پیدا کرده است (استفاده از دستگاه شیریدر). شایان ذکر است اخیراً در ایران نیز یک واحد شیریدر در شهرضا نصب و مورد بهره برداری قرار گرفته

جدول ۹. روند مصرف قراضه در تولید فولاد جهان.

	2010	2011	2012	2013	2014	% 2014/ 2013
تولید فولاد خام	1 433	1 537	1 559	1 649	1665	+0.99
کل مصرف قراضه	530	570	570	580	*585	+0.86
نسبت قراضه به فولاد خام	37.0	37.1	36.6	36.2	35.1	
<b>شامل</b>						
میزان مصرف قراضه کارگاهی (میلیون تن)	190	200	200	205	207	+0.98
نسبت مصرف قراضه کارگاهی به فولاد خام	35.8	35.1	35.1	35.3	35.4	
مصرف قراضه خریداری شده (میلیون تن)	340	370	370	375	378	+0.80
نسبت قراضه خریداری شده به فولاد خام %	64.2	64.9	64.9	64.7	64.6	
<b>شامل</b>						
میزان مصرف قراضه جدید (میلیون تن)	110	120	120	130	133	+2.31
نسبت قراضه جدید در خرید قراضه %	32.4	32.4	32.4	34.7	35.2	
میزان مصرف قراضه قدیمی (میلیون تن)	230	250	250	245	245	±0.00
نسبت قراضه قدیمی در خرید قراضه %	67.6	67.6	67.6	65.3	64.8	

و چدن (مالیل) بوده است. در سال یاد شده میزان قراضه فولادی خریداری شده، ۴۴،۳ میلیون تن برآورد شده است. در جدول ۱۰ میزان مصرف قراضه در تولید قطعات ریخته گری فولاد و چدن طی سال های ۲۰۰۹-۲۰۱۳ مشاهده می گردد.

در این مطالعه میزان مصرف قراضه در تولید قطعات ریخته گری فولاد و چدن (مالیل) نیز محاسبه شده است. برای سال ۲۰۱۳ قراضه مصرفی در این رشته، ۷۱،۸ میلیون تن برای تولید ۸۴،۹ میلیون تن قطعات ریخته گری فولاد

جدول ۱۰. روند مصرف قراضه در تولید قطعات ریخته گری چدن و فولاد جهان.

	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	% 2013/ 2012
میزان تولید قطعات جدقی و فولادی (میلیون تن)	79.1	78.8	67.6	76.9	82.0	83.7	84.9	+1.3
میزان مصرف قراضه (میلیون تن)	75.8	73.6	56.9	64.4	69.7	70.5	71.8	+1.8
نسبت مصرف قراضه به تولید قطعات ریخته گری %	95.8	93.4	84.2	83.8	85.0	84.2	84.7	
<b>شامل</b>								
قراضه داخل کارگاهی (میلیون تن)	28.9	28.1	21.7	24.6	26.6	27.0	27.5	+1.9
نسبت مصرف قراضه داخل کارگاهی در مصرف کل	38.1	38.1	38.1	38.2	38.2	38.2	38.3	
میزان خرید قراضه (میلیون تن)	46.8	45.5	35.2	39.8	43.1	43.6	44.3	+1.6
نسبت قراضه خریداری شده در مصرف کل قراضه %	61.8	61.8	61.8	61.8	61.9	61.8	61.7	

میلیون تن گزارش شده است. این کشور عنوان بزرگترین وارد کننده قراضه جهان را برای سال ۲۰۱۴ نیز حفظ کرده است. میزان واردات قراضه کشور تایوان با ۴٫۱ درصد کاهش، ۴٫۲۷۲ میلیون تن گزارش شده است. کشورهای تایلند و اندونزی نیز به ترتیب با ۴۳٫۹ و ۱۰٫۹- درصد رشد، ۳۸۳ و ۲٫۱۳۷ میلیون تن قراضه فولادی واردات داشتند. میزان واردات قراضه کشورهای آمریکا و کانادا نیز به ترتیب ۴٫۲۱۵ و ۱٫۵۲۲ میلیون تن اعلام شده است. میزان واردات قراضه کشور چین با ۴۲٫۶ درصد کاهش به ۲٫۵۶۴ میلیون تن ثبت شده است. میزان واردات قراضه اتحادیه اروپا نیز با ۲ درصد کاهش به ۳٫۱۳۷ میلیون تن رسیده است. در جدول ۱۱ صادر کنندگان اصلی قراضه جهان طی سال های ۲۰۱۰-۲۰۱۴ آورده شده است. در جدول ۱۲ واردات کنندگان اصلی قراضه صنایع فولاد جهان طی سال های ۲۰۱۰-۲۰۱۴ مشاهده می گردد.

### صادرات و واردات قراضه فولادی

نکته قابل توجه دیگر آن است که تحولات پیش آمده در سال ۲۰۱۴ در صنایع فولاد جهان نسبت به سال ۲۰۱۳ منجر به تغییرات در تجارت قراضه و نوع قراضه مصرف شده است. صادرات قراضه فولاد به سمت تایوان و چین کاهش یافته و در مقابل به سمت ترکیه و هند در حد چشمگیری افزایش پیدا کرده است. کشور کره جنوبی با ۸ میلیون تن (۱۳٫۶ درصد رشد منفی) واردات قراضه فولادی بعد از کشور جمهوری ترکیه (۱۹٫۰۶۸ میلیون تن) در رده دوم جهان قرار گرفته است. ضمناً واردات قراضه کشور هند نیز با ۱٫۱ درصد افزایش به ۵٫۶۹۹ میلیون تن رسیده است. واردات قراضه کشور تایلند با ۴۳٫۹ درصد افزایش، ۱٫۳۸۳ میلیون تن بوده است. میزان واردات قراضه ترکیه در سال گذشته با ۳٫۲ درصد کاهش، ۱۹٫۰۶۸

جدول ۱۱. روند صادرات قراضه کشورهای شاخص جهان.

	2010	2011	2012	2013	2014	% 2014/ 2013
اتحادیه اروپا - ۲۸	19.033	18.813	19.579	16.806	16.859	+0.3
آمریکا	20.556	24.373	21.397	18.495	15.340	-17.1
ژاپن	6.472	5.442	8.586	8.129	7.351	-9.6
روسیه	2.390	4.042	4.349	3.714	5.689	+53.2
کانادا	5.154	4.832	4.248	4.510	4.521	-0.2
استرالیا	1.636	1.745	2.245	2.200	2.362	+7.4
آفریقای جنوبی	1.224	1.436	1.632	1.732	1.486	-14.2



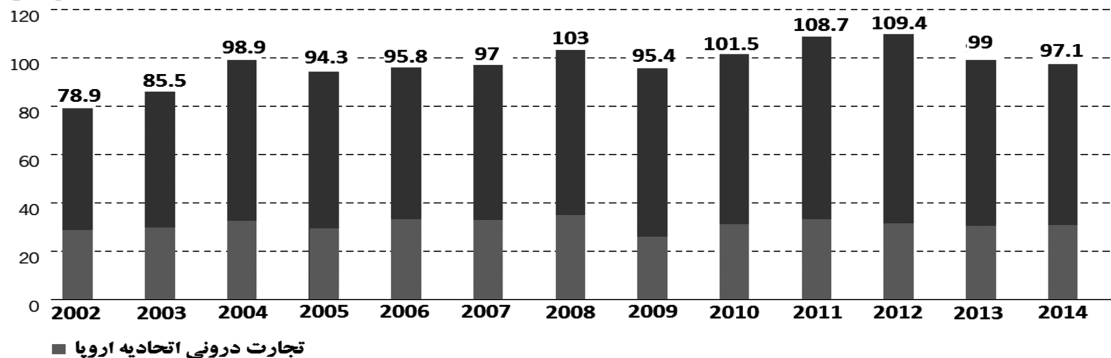
جدول ۱۲. وارد کنندگان اصلی قراضه جهان (میلیون تن).

	2010	2011	2012	2013	2014	% 2014/ 2013
ترکیه	19.192	21.460	22.415	19.725	19.068	-3.2
کره	8.091	8.628	10.126	9.260	8.002	-13.6
هند	4.643	6.175	8.180	5.636	5.699	+1.1
تایوان	5.364	5.328	4.955	4.453	4.272	-4.1
آمریکا	3.775	4.003	3.711	3.882	4.215	+8.6
اتحادیه اروپا-۲۸	3.646	3.714	3.203	3.191	3.137	-2.0
چین	5.848	6.767	4.974	4.465	2.564	-42.6
اندونزی	1.642	2.157	1.944	2.399	2.137	-10.9
کانادا	2.226	1.911	2.343	1.746	1.520	-12.9
تایلند	1.282	1.877	1.701	0.961	1.383	+43.9

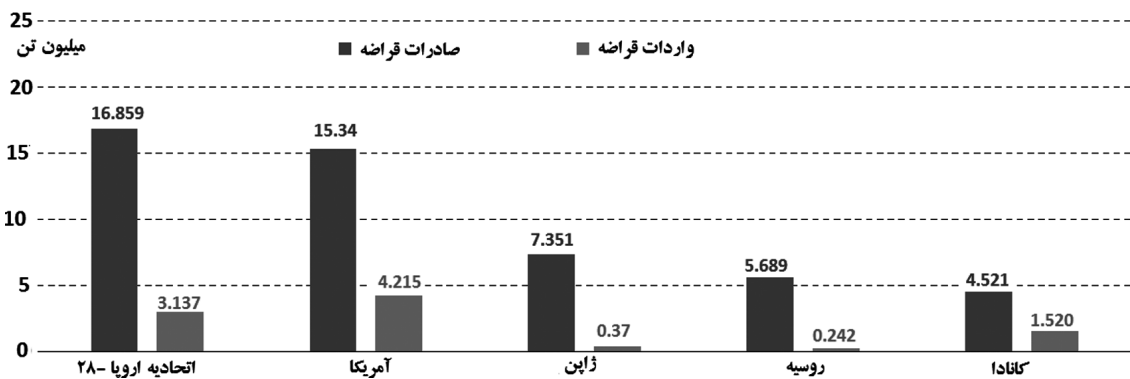
ترکیه بیشترین خرید قراضه فولادی را به میزان ۹,۹۳۶ میلیون تن (با ۵,۶ درصد رشد منفی نسبت به سال ۲۰۱۳) از اتحادیه اروپا (۲۸) کرده است. میزان صادرات قراضه ناحیه اتحادیه اروپا (۲۸) به کشور هند و مصر به ترتیب ۱,۷۸۶ و ۱,۵۲۳ میلیون تن بوده است. نرخ تغییرات صادرات به کشورهای یاد شده به ترتیب با رشد ۱۲,۴ و ۱۲,۵ درصد بوده است. صادرات قراضه ناحیه اتحادیه اروپا به کشور چین با ۱۰,۷ درصد کاهش ۳۸۳ هزار تن به ثبت رسیده است. میزان صادرات قراضه کشور روسیه در سال ۲۰۱۴ با ۵۳,۲ درصد رشد منفی، ۵,۶۸۹ میلیون تن ثبت شده است. بیشترین سهم واردات قراضه از روسیه با ۲,۳۴۲ میلیون تن (۲۰,۸ درصد رشد) متعلق به کشور ترکیه است. نکته جالب توجه این است که صادر کنندگان اصلی فولاد قراضه، آمریکا و اتحادیه اروپا (۲۸) به ترتیب با ۱۶,۸۵۹ و ۱۵,۴ میلیون تن، بیشترین صادرات خالص قراضه جهان را داشته اند. در شکل ۷ میزان صادرات خالص قراضه فولادی کشورهای پیشتاز جهان در سال ۲۰۱۴ دیده می شود. تجارت داخلی قراضه فولاد اتحادیه اروپا ۳۰,۱۵۳ میلیون تن گزارش شده است.

کاهش صادرات قراضه کشورهای آمریکا و ژاپن در واردات قراضه کشور چین بسیار مؤثر بوده است. صادرات قراضه کشور ژاپن با ۹,۶ درصد کاهش به ۷,۵۳۱ میلیون تن نزول کرده است. لذا صادرات قراضه ژاپن به چین با ۱۹,۱ درصد رشد منفی به ۲,۱۰۶ میلیون تن کاهش پیدا کرده است. کل صادرات قراضه کشور آمریکا نیز با ۱۷,۱ درصد افت، ۱۵,۳۴ میلیون تن به ثبت رسیده است. میزان صادرات قراضه کشور آمریکا به چین با ۵۶,۸ درصد کاهش، ۰,۷۹ میلیون تن اعلام شده است. صادرات قراضه کشور آمریکا به ترکیه با ۳۰,۹ درصد کاهش به ۳,۶۱۶ میلیون تن رسیده است. با در نظر گرفتن صادرات قراضه کشور کانادا (۴,۵۱ میلیون تن با ۰,۲ درصد کاهش) کل صادرات قراضه ناحیه شمال آمریکا در سال ۲۰۱۴ بیش از ۱۹,۹۱ میلیون تن بوده است. همانند سالهای گذشته کشور آمریکا عنوان بزرگترین صادر کننده قراضه فولاد جهان را حفظ کرده است. صادرات قراضه اتحادیه اروپا (۲۸) در سال گذشته، میزان صادرات قراضه این ناحیه به مناطق مختلف دنیا با رشد ۰,۳ درصد منفی به بالای ۱۶,۸۵۹ میلیون تن رسیده است.

میلیون تن



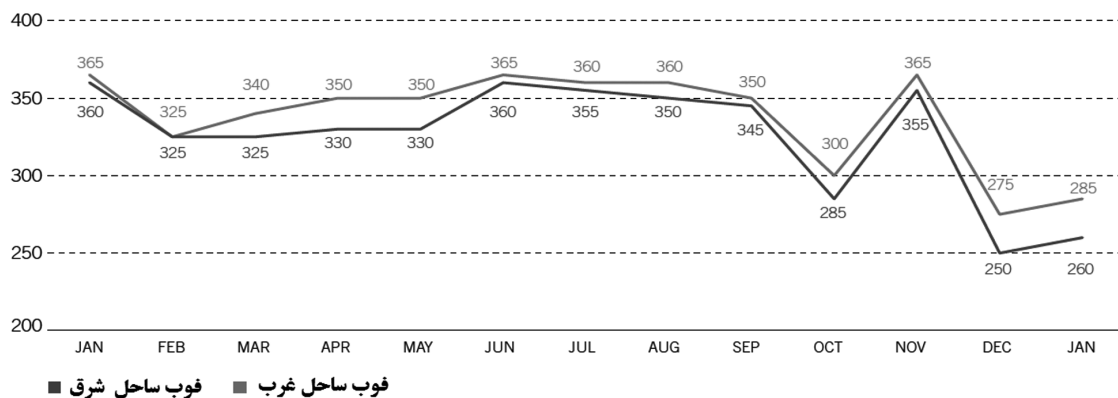
شکل ۷. روند تجارت قراضه جهان و تجارت داخلی اتحادیه اروپا - ۲۸.



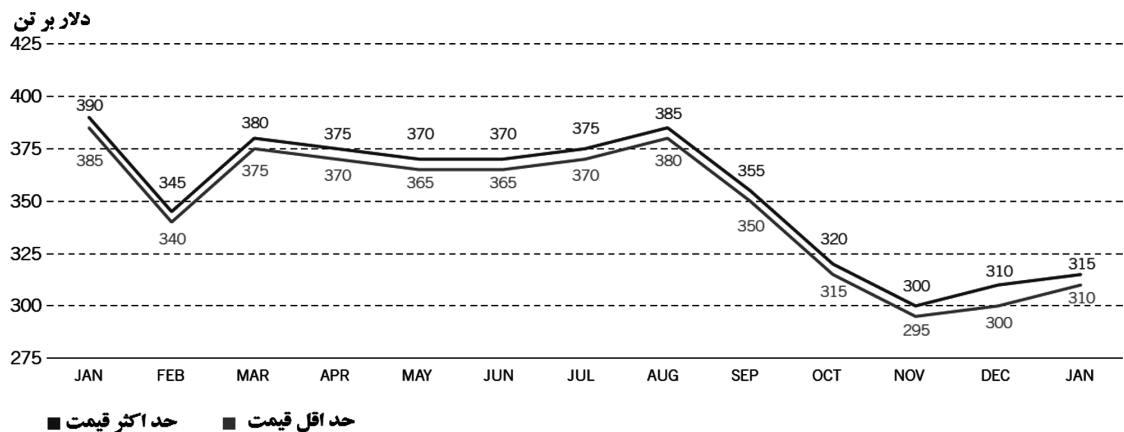
شکل ۸. صادرات خالص قراضه کشورهای شاخص در سال ۲۰۱۴.

اتحادیه اروپا (CFR) به ترکیه بر حسب دلار بر تن مشاهده می‌شود. در شکل ۱۱ روند تغییر قیمت داخلی قراضه سنگین آمریکا از نظر می‌گذرد. در شکل ۱۲ نیز روند تغییر قیمت قراضه فولادی در کشور آلمان بر حسب یورو بر تن نشان داده شده است. در جداول ۱۳ تا ۱۹ نیز به ترتیب آنالیز صادرات قراضه فولادی کشورهای آمریکا، اتحادیه اروپا (۲۸)، ژاپن، کانادا، روسیه، استرالیا و آفریقای جنوبی برای سال ۲۰۱۴ داده شده است.

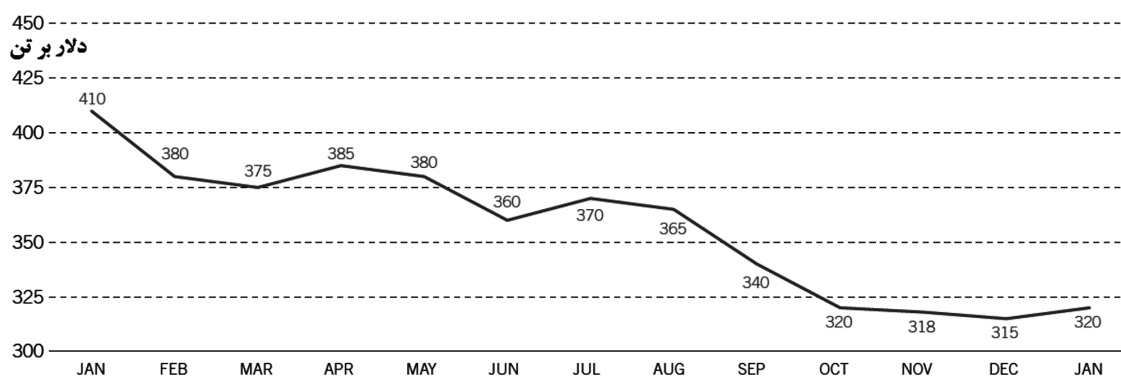
در شکل ۸ نیز روند تجارت قراضه فولادی جهان و سهم تجارت داخلی قراضه فولادی اتحادیه اروپا (۲۸) به نمایش درآمده است. نرخ‌های سال ۲۰۱۴ نشان می‌دهد که قیمت صادرات قراضه آمریکا و اتحادیه اروپا (۲۸) نوسانات زیادی داشته است. لذا قراضه فولاد بعنوان یک ماده اولیه صنایع فولاد در تجارت بین‌المللی نقش و اهمیت زیادی پیدا کرده است. در اشکال ۹ و ۱۰ قیمت صادراتی قراضه آمریکا (فوب) و



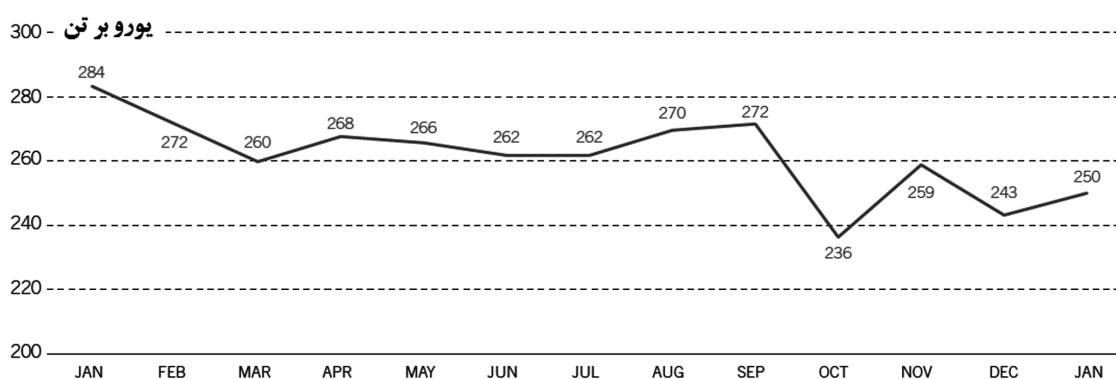
شکل ۹. منحنی قیمت قراضه سنگین (۱/۴ اینچ) از ژانویه ۲۰۱۴ تا ژانویه ۲۰۱۵ (آمریکا).



شکل ۱۰. منحنی قیمت قراضه (CFR) از اتحادیه اروپا به ترکیه از ژانویه ۲۰۱۴ تا ژانویه ۲۰۱۵.

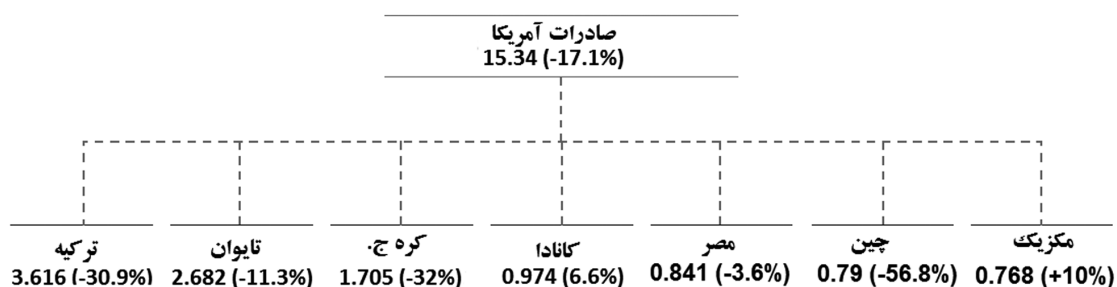


شکل ۱۱. روند تغییر قیمت داخلی قراضه سنگین آمریکا از ژانویه ۲۰۱۴ تا ژانویه ۲۰۱۵.

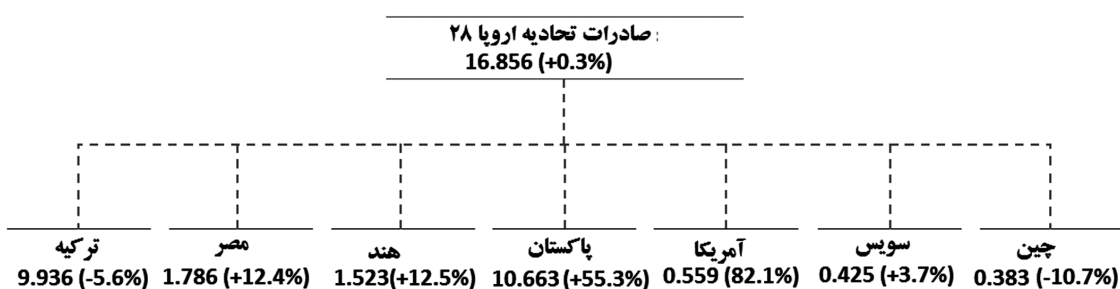


شکل ۱۲. روند تغییر قیمت منحنی قیمت داخلی قراضه سنگین قدیمی آلمان از ژانویه ۲۰۱۴ تا ژانویه ۲۰۱۵.

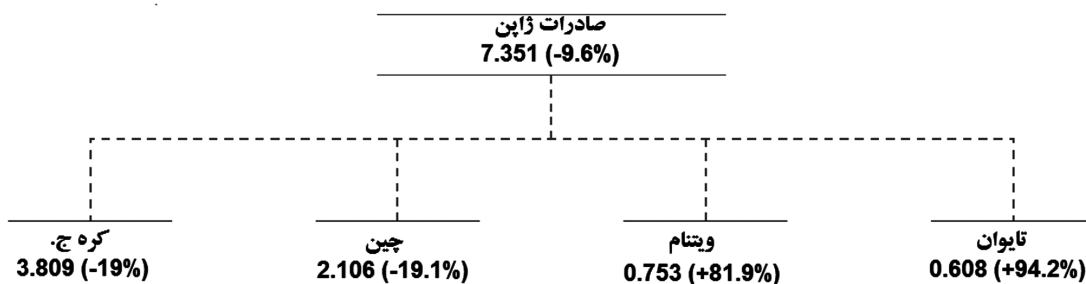
جدول ۱۳. صادرات قراضه آمریکا به کشورهای مختلف جهان در ۲۰۱۴ (میلیون تن).



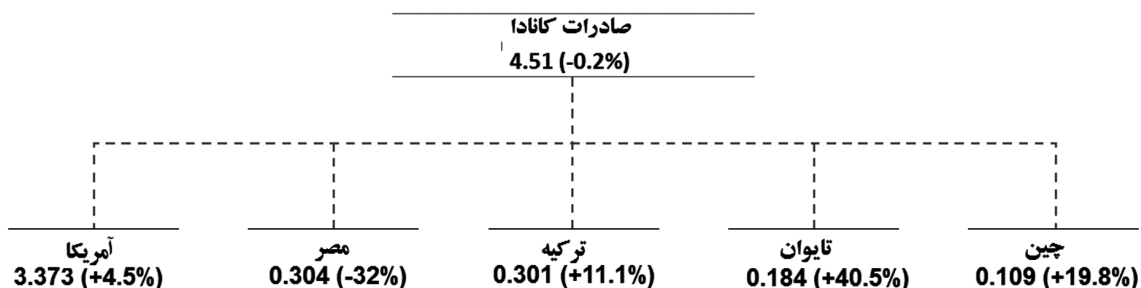
جدول ۱۴. صادرات قراضه اتحادیه اروپا به کشورهای مختلف جهان در سال ۲۰۱۴ (میلیون تن).



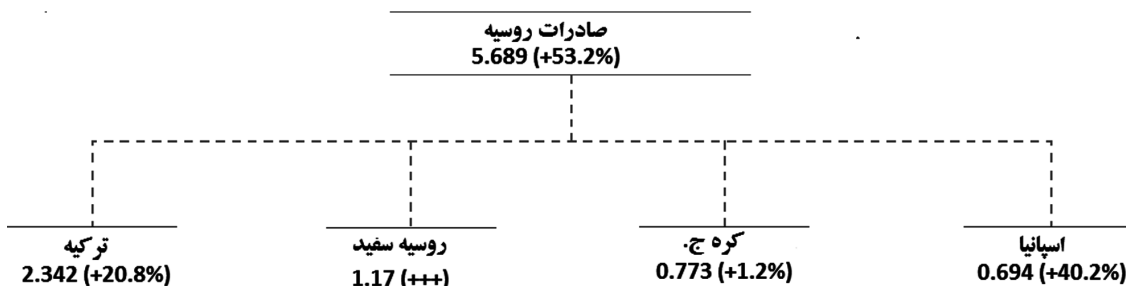
جدول ۱۵. صادرات قرضه ژاپن به کشورهای مختلف در سال ۲۰۱۴ (میلیون تن).



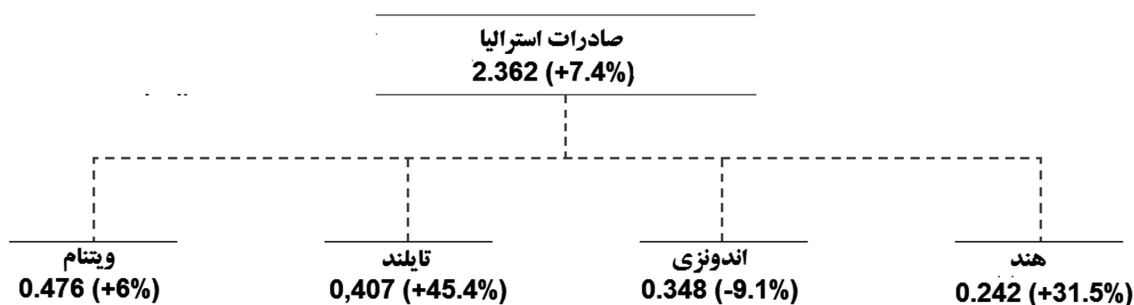
جدول ۱۶. صادرات قرضه کانادا به کشورهای مختلف جهان در ۲۰۱۴ (میلیون تن).



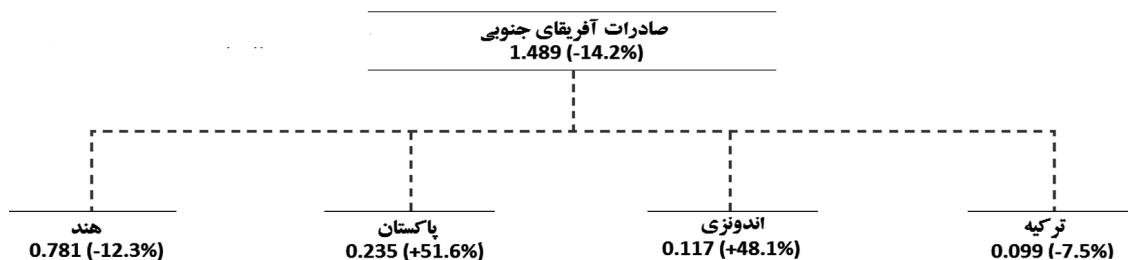
جدول ۱۷. صادرات قرضه روسیه به کشورهای مختلف جهان در ۲۰۱۴ (میلیون تن).



جدول ۱۸. صادرات قرضه استرالیا به کشورهای مختلف جهان در ۲۰۱۴ (میلیون تن).



جدول ۱۹. صادرات قرضه آفریقای جنوبی به کشورهای مختلف جهان در سال ۲۰۱۴ (میلیون تن).



## نتیجه گیری

آن است که به یک بازار مواد اولیه آزاد نیاز مبرم می باشد. کل حجم تجارت قراضه دنیا در سال قبل ۹۷,۱ میلیون تن برآورد شده است.

• در سال ۲۰۱۴ قیمت صادراتی قراضه فولادی در نوسانات بوده است.

• توسعه های بازار در سال ۲۰۱۴ نشانگر اهمیت قراضه بعنوان مواد اولیه مهم صنایع فولاد و ریخته گری قطعات فولادی و چدنی بوده است. ضمناً بکارگیری قراضه فولادی در صنایع تولید فولاد و ریخته گری قطعات منجر به مزایای زیست محیطی بالایی می شود.

• تمیز و شریدر کردن قراضه فولادی و پیش گرم کردن آن قبل از ورود به کوره قوس الکتریکی منجر به کاهش مصرف انرژی و انتشار گازهای گلخانه ای ویژه می گردد.

• بررسی های انجام شده نشان می دهد که در طول ۷ سال گذشته میزان مصرف قراضه در صنایع فولاد جهان بین ۴۴۰ و ۵۸۵ میلیون تن بوده است. در حالیکه برای سال ۲۰۰۷ و ۲۰۱۳ در صنایع ریخته گری قطعات فولاد و چدن این نرخ به ترتیب ۷۵,۸ و ۷۱,۸ میلیون تن بوده است.

• در سال گذشته در دنیا جهت تولید ۱۶۶۵ میلیون تن فولاد خام، ۱۸۸۲ میلیون تن مواد آهن دار از جمله ۵۸۵ میلیون تن قراضه فولادی به مصرف رسیده است.

• در صادرات فرا دریایی، کیفیت قراضه نقش اول را ایفا می کند. لذا استفاده از فن آوری فرآوری قراضه (مثل شیریدر) جهت بالا بردن کیفیت قراضه روز به روز بیشتر می شود.

• حجم عظیم تجارت قراضه فولاد جهان در سال گذشته بیانگر

میزان مصرف محصولات فولادی جهان، ۱۵۶۲ میلیون تن گزارش شده است. در حالیکه این نرخ در سال ۱۹۹۹، ۷۰۵ میلیون تن بوده است. (کتاب مرجع فولاد ۹۴)

آیا می دانید؟

سهم ریخته گری مداوم در تولید فولاد خام جهان از ۴ درصد در سال ۱۹۷۰ به ۹۶/۱ درصد در سال ۲۰۱۴ رسیده است. (کتاب مرجع فولاد ۹۴)

آیا می دانید؟

در جهان در سال گذشته بیش از ۵۸۵ میلیون تن قراضه فولادی بازیافت شده است. (کتاب مرجع فولاد ۹۴)

آیا می دانید؟





## مصاحبه‌ای با مدیرعامل شرکت فولاد مبارکه اصفهان

اقدام به برنامه‌ریزی برای افزایش ظرفیت در قالب‌های توسعه نمود و با استفاده از منابع مالی حاصل از فروش داخلی و ارزی شرکت و استفاده از اعتبارات مالی، ریالی و ارزی اولین مرحله طرح‌های توسعه را اجرا نمود به نحوی که با اجرای این طرح‌ها ظرفیت شرکت در این مرحله به ۵,۴ میلیون تن رسید و شرکت در ادامه به دنبال افزایش ظرفیت به ۷,۲ میلیون تن در داخل شرکت و ۱۳,۳ میلیون تن مذاط تا اقی ۱۳۹۸ در مجموع کل گروه می‌باشد.

شرکت فولاد مبارکه از شرکت‌های پیشرو ایرانی و بزرگترین واحد صنعتی جمهوری اسلامی ایران و بزرگترین تولیدکننده ورق‌های فولادی تخت در خاورمیانه شامل تختال، کلاف گرم، کلاف سرد، کلاف گالوانیزه، کلاف ورق رنگی، کلاف ورق قلع اندود است. این شرکت با مأموریت «ایفای نقش محوری در توسعه صنعتی، اقتصادی و اجتماعی کشور و ارتقای سطح فناوری صنعت فولاد، به عنوان سازمانی جهان تراز» بیش از پنجاه درصد از مصرف فولاد کشور را جهت استفاده در صنایع خودروسازی و قطعه‌سازی، صنایع فلزی سبک، صنایع فلزی سنگین و لوله‌های انتقال سیالات، صنایع بسته‌بندی، صنایع لوازم خانگی و الکتریکی و صنایع لوله و پروفایل تولید می‌نماید. شرکت فولاد مبارکه دارای هفت مجتمع صنعتی (شرکت فولاد مبارکه، فولاد سبا، فولاد هرمزگان، فولاد سپید دشت، ورق خودرو چهارمحال، فولاد امیرکبیر کاشان، سنگ و آهن فولاد سنگان) در اقصی نقاط کشور بوده و بیش از بیست هزار نفر در بخش‌های مختلف این شرکت به کار اشتغال دارند و در مجموع بصورت مستقیم و غیرمستقیم در حدود ۳۵۰ هزار نفر اشتغال‌زایی نموده است.

**• تحلیل جنابعالی از وضعیت صنایع متالورژی کشور چیست؟ آیا میتوانید مقایسه‌ای با کشورهای مشابه و در حال توسعه ارائه دهید؟**

در این شماره از مجله مصاحبه‌ای با مدیرعامل شرکت فولاد مبارکه اصفهان، جناب آقای دکتر بهرام سبحانی انجام شده است که در ادامه می‌خوانید:

### • بطور خلاصه درباره تاریخچه و زمینه‌های فعالیت شرکت توضیح دهید؟

شرکت فولاد مبارکه اصفهان در زمینی به مساحت ۳۵ کیلومتر مربع در نزدیکی شهر مبارکه و در ۷۵ کیلومتری جنوب غربی شهر اصفهان واقع شده است. عملیات اجرایی این مجتمع در سال ۱۳۶۰ آغاز گردید و در دوران جنگ تحمیلی و زیر حملات هوایی جنگنده‌های دشمن بدست توانای سربازان پر افتخار جبهه صنعت ادامه یافت. فعالیت‌های ساختمانی و فنی اجرا شده در دوران ساخت این مجتمع در خاورمیانه کم نظیر بوده و به عنوان مثال نزدیک به ۱۸ میلیون و ۷۰۰ هزار متر مکعب خاک برداری و بالغ بر یک میلیون و ۸۴۵ هزار متر مکعب بتن ریزی، یک میلیون و ۸۰۰ هزار متر مربع قالب‌بندی و ۸۰ هزار تن آرماتور، حدود ۱۵۰ هزار تن اسکلت فلزی، یک میلیون متر مربع نصب پوشش و بالغ بر ۵۰۰ هزار تن تجهیزات و ماشین آلات در آن نصب گردیده است.

اولین کوره قوس الکتریکی واحد فولادسازی این مجتمع در مهر ماه سال ۱۳۷۰ راه اندازی شد و سایر واحدهای شرکت یکی پس از دیگری به چرخه تولید اضافه شد تا در نهایت در ۲۳ دیماه سال ۱۳۷۲ کلیه خطوط تولید این کارخانه بزرگ توسط رئیس جمهور وقت افتتاح گردید.

با ورود محصولات فولادی این شرکت به بازار و افزایش تدریجی تولید تا سقف ظرفیت اسمی ۲,۴ میلیون تن بخش عمده‌ای از نیاز کشور به این کالای استراتژیک بر طرف گردید. این شرکت در سال‌های پس از رسیدن به ظرفیت اسمی با کسب تجربه و توانمندی اقتصادی برای پاسخگویی به نیاز روز افزون بازار داخلی و خارجی و با استفاده بهینه از تجهیزات و ماشین آلات تولیدی موجود

وضعیت کنونی صنایع متالورژی کشور و حتی سایر کشورهای جهان با توجه به وضعیت رکود اقتصادی حاکم که اخیراً در چین در حال گسترش است، باعث ایجاد تحولات اساسی در اینگونه صنایع شده است به طوری که مازاد تولید و رشد صادرات در این کشور مشاهده می شود و قیمت های فلزات اساسی به شدت کاهش یافته است. مثلاً در حوزه فولاد قیمت هر تن ورق گرم از ۶۰۰ دلار در فاصله یک سال حدود ۵۷ درصد کاهش پیدا نموده است. در سایر فلزات اساسی از جمله آلومینیوم، روی، مس و ... نیز با شدت کمتری در حدود ۳۰ تا ۴۰ درصد کاهش قیمت جهانی فروش پیدا کردند. در همین ارتباط بسیاری از شرکتهای تولید کننده با بحران های مالی شدیدی مواجه شدند و باعث تعطیلی بخشی از این سازمان ها در دنیا شده است و کشور ما نیز از این موضوع مستثنی نبوده، بطوریکه از یک طرف کاهش های شدید تولید را به همراه داشته و از طرف دیگر انبارهای این شرکت ها از محصولات پر شده است به گونه ای که تنها در حوزه فولاد حدود ۳ میلیون تن محصول فروش نرفته در انبارهای کارخانه های فولادساز وجود دارد. در همین راستا برای برون رفت از این وضعیت دو راهکار اصلی وجود دارد، تقریباً کلیه کشورهای دنیا تعرفه واردات فولاد را از ۳۵ تا ۲۳۶ درصد لحاظ کرده اند و به این طریق از واردات بی رویه فولاد به داخل کشورهای خود جلوگیری کردند و تا حدود زیادی فولادسازان و سایر صنایع متالورژی خود را نجات داده اند. از منظر داخلی نیز راهکار افزایش بهره وری و کاهش هزینه ها در جهت پایین آوردن قیمت تمام شده امری غیر قابل اجتناب است ولی این مقوله با چالش هایی مواجه است چرا که با توجه به تکنولوژی های موجود شرکت های داخلی و قیمت های مواد اولیه و انرژی در داخل، کاهش هزینه ها را با محدودیت هایی مواجه می سازد. در صورتیکه روند توسعه و ارتقاء تکنولوژی های صنایع متالورژی در دنیا بسیار شتابان بوده به گونه ای که مصرف انرژی به ازای هر تن تولید فولاد مذاب در حدود ۳۰ درصد طی ۲۰ سال گذشته کاهش یافته است. از طرف دیگر قیمت های جهانی انرژی نیز به خصوص در یک سال گذشته کاهش ۷۰ درصدی یافته است. در زمینه حمل که قسمت زیادی از هزینه های این صنایع را تشکیل می دهد می بینیم که در دنیا به صورت چشمگیری کاهش یافته است به گونه ای که سنگ آهن از برزیل به چین با تنی ۴ دلار حمل می شود در صورتیکه تنها در داخل به دلیل رشد قیمت های انرژی بر خلاف دنیا، هزینه های حمل بسیار بالاتر از مقادیر جهانی است به این ترتیب صنایع متالورژی در ایران از یک طرف با چالش قیمت

تمام شده بیشتر مواجه هستند و از طرف دیگر مجبور هستند محصولات خود را به قیمت های جهانی به فروش برسانند. لذا صنایع متالورژی ایران با توجه به اشتغالزایی بالای آن، نیاز به حمایت دولت، توسعه زیرساخت های حمل و نقل ریلی و دریایی، اصلاح قیمت حامل های انرژی برای این صنایع، رشد بهره وری، تأمین نقدینگی و وام های کم بهره جهت ارتقاء تکنولوژی ها می باشد.

#### • درباره فعالیتهای شرکت در عرصه تحقیق و توسعه توضیح دهید، شرکت سالانه چه میزان از بودجه خود را به امر تحقیقات اختصاص میدهد؟

یکی از رویکردهای اصلی برای ارتقا و بروز کردن فناوری در شرکت فولاد مبارکه اصفهان استفاده از تحقیقات کاربردی بوده و خوشبختانه با کمک تحقیقات کاربردی به نتایج خوبی دست یافته ایم؛ برای مثال در بومی سازی حدود ۷۰ درصد قطعات و تجهیزات فولاد مبارکه اصفهان و حدود ۹۰ درصد مصارف ماندن روغن و گریس بومی سازی شده است.

شرکت فولاد مبارکه اصفهان برای ارتباط بهتر صنعت و دانشگاه همواره پیشرو بوده است، در حال حاضر شرکت فولاد مبارکه اصفهان با بیش از یکصد دانشگاه، مرکز پژوهشی و شرکت دانش بنیان قرارداد همکاری دارد و هر سال بر اساس بودجه سالانه رقمی برای پژوهش در نظر می گیرد، تاکنون ۲۰۰ میلیارد ریال هزینه پژوهشی شده که ماحصل آن تعریف و انجام حدود ۹۰۰ پروژه تحقیقاتی بوده و هم اکنون نیز تعداد ۱۱۵ پروژه تحقیقاتی دیگر با اعتباری بالغ بر ۶۰ میلیارد ریال در حال اجرا می باشد.

#### • نقش انجمن علمی آهن و فولاد ایران را در ارتباط با صنعت گران فولاد چگونه ارزیابی میکنید؟

با توجه به توسعه روزافزون صنعت فولاد و اهمیت آن در اقتصاد کشور و نقش دانش و فناوری در توسعه پایدار صنعت، انجمن آهن و فولاد ایران به عنوان یک انجمن علمی در جهت کمک به ارتقاء دانش و فناوری در صنعت فولاد کشور و نیز در راستای ایجاد ارتباط و همسویی و هم افزایی بین اساتید، محققین، متخصصین و مدیران صنعت فولاد نقش ارزنده ای داشته و با برگزاری سمپوزیوم فولاد، نمایشگاه های تخصصی در حوزه فناوری فولاد و انتشارات و آموزش های تخصصی، تاکنون خدمات شایسته ای به صنعت فولاد کشور ارائه داده است.



## مصاحبه‌ای با مدیرعامل شرکت فولاد اکسین خوزستان

صنایع متالورژی با توجه به تحریم‌ها و عدم تخصیص بودجه برای پروژه‌های خاص رونق لازم را ندارد و انتظار می‌رود که بعد از اجرای برجام به جایگاه عالی خود برسند و از آنجا که در کشورهای مشابه و در حال توسعه نیز مقدمات تولید انبوه هنوز فراهم نشده، نمی‌توان مقایسه دقیقی داشت ولی شاید اگر فضای کسب و کار ایجاد بشود، بتوان تمام نیازهای کشور را در داخل تأمین کنیم و واردات از کشورهای همسایه قطع گردد.

### • مهم‌ترین مشکلات شما برای تولید به کدام عامل مربوط بوده است؟

برای هر تولیدکننده دو عامل وجود دارد: عامل درونی و عامل بیرونی. عامل‌های درونی شامل سرمایه در گردش، تکنولوژی و مواد اولیه یک سازمان است. عامل بیرونی شامل نظام بانکی و قوانین و مقررات حاکم بر تولید محصول هستند. بزرگترین این مشکلات، بهره نظام بانکی است که برای شرکت‌های تولیدی هزینه ایجاد می‌کند. همچنین عدم ثبات قوانین حاکم بر تولید و صادرات و واردات، سبب می‌شود برنامه‌ریزی بلند مدت سخت شود. در حال حاضر مهم‌ترین مسأله داخلی برای این شرکت، تأمین مواد اولیه خاص از شرکت‌های درون کشور جهت تولید است که در حال مذاکره برای انجام گرفتن این مهم هستیم.

### • چه انتظاری از مسئولان مملکتی دارید؟

صنایع ایران در راستای شکوفایی کشور، قطع وابستگی به خارج و توانایی رقابت با بازارهای جهانی، نیاز به برنامه‌ریزی کلان و مدونی از سوی دولت دارند. به عنوان مثال چین در شرایط رکود بازار جهانی با اعمال دامپینگ، وضع تعرفه‌های تشویقی و تنبیهی و جلوگیری از خام فروشی، بازار را کنترل می‌کند. انتظار می‌رود در یک برنامه‌ریزی کوتاه مدت، دولت

در این شماره از مجله مصاحبه‌ای با مدیرعامل شرکت فولاد اکسین خوزستان، جناب آقای مهندس عزیز قنواتی انجام شده است که در ادامه می‌خوانید:

### • بطور خلاصه درباره تاریخچه و زمینه‌های فعالیت شرکت توضیح دهید؟

شرکت فولاد اکسین خوزستان در خرداد ماه سال ۱۳۸۸ به بهره‌برداری رسید و تا سال ۱۳۹۰ محصولات شرکت بصورت آزمایشی تولید می‌شدند و از آن به بعد تا سال ۹۳ با ظرفیت ۸۰٪ مشغول به تولید شدیم. مهم‌ترین محصولات شرکت، تولید ورق‌های عریض جهت ساخت لوله‌های نفت و گاز می‌باشد و تلاش شرکت بر این بوده است که بتوانیم به تولید انبوه در کشور برسیم و بدلیل تحریم بین‌المللی و نبود مواد اولیه موفق به تحقق اهداف به صورت کامل نشدیم در این بازه زمانی ما توانستیم توانمندی خود را در خصوص امکان تولید ورق‌های عریض به اثبات برسانیم که نتایج آن بعد از بازرسی‌های مختلف، حضور در وندور لیست ۱۴ شرکت بزرگ بوده، که از مهم‌ترین آن‌ها شرکت ملی نفت و گاز می‌باشد و در حال حاضر شرکت فولاد اکسین تنها تولید کننده ورق عریض فولادی در کشور است. سبد تولیدات شرکت فولاد اکسین خوزستان انواع ورق‌های فولادی با مقاومت بالا برای مصارف گوناگون مانند لوله‌های انتقال نفت و گاز تا قطر ۵۶ اینچ، صنایع کشتی‌سازی، دیگ‌های بخار صنعتی و نیروگاهی، مخازن تحت فشار و ذخیره مایعات نفتی و شیمیایی، پل‌سازی، صنایع خودروسازی و ورق‌های فولادی ویژه سازه‌های ساختمانی با خواص مکانیکی متنوع می‌باشد.

• تحلیل جناب‌عالی از وضعیت صنایع متالورژی کشور چیست، آیا می‌توانید مقایسه‌ای با کشورهای مشابه و در حال توسعه ارائه دهید؟

با سیاست‌گذاری مشابه برای مقابله با واردات بی‌رویه تعرفه مناسب وضع نماید و خصوصاً با دامپینگ مبارزه کند. همچنین در بلند مدت با برنامه‌ریزی مناسب، توان رقابت صنایع در بازارهای جهانی را بدون تعرفه ایجاد نماید. در بازارهای جهانی کشورهای رقیب به محض این که با سلاح دامپینگ صنعت یک کشور را نابود کردند قیمت محصولات خود را آنقدر بالا می‌برند تا همه سرمایه‌گذاری گذشته خود را با سود مضاعف به دست آورند. اتفاقاً این خطر در یکی دو سال آینده صنعت کشور را تهدید می‌کند، زیرا با برداشته شدن تحریم‌ها کشورها با سلاح دامپینگ وارد می‌شوند. برای برون رفت از مشکلات موجود در صنایع، باید وضعیت نقدینگی و سرمایه‌ی در گردش واحدهای تولیدی اصلاح شود و تعرفه مناسب نیز توسط دولت در نظر گرفته شود. موضوع دیگر این که دولت باید در برابر ورود کالاهای خارجی به کشور از صنعت داخلی حمایت کند. این در حالی است که اثرات بعد از مذاکرات به تیغ دو لبه می‌ماند. اگر تدبیر خوب نداشته باشیم و خوب نیندیشیم، قطعاً با واردات کالاهای خارجی، صنعت ما با مشکلاتی روبرو می‌شود. اما اگر برنامه‌ریزی‌های لازم را داشته باشیم، می‌توانیم با بالا بردن کیفیت، کاهش هزینه‌ها و افزایش تولید با کالای خارجی، رقابت کنیم.

#### • درباره فعالیت‌های شرکت در عرصه تحقیق و توسعه توضیح دهید.

تحقیقات سازمان یافته موتور پیشرفت همه جوامع امروزی است. افرادی که از منظر اقتصادی به تحقیقات می‌نگرند، بدین حقیقت توجه دارند که به ازای هر ریال سرمایه‌گذاری تحقیقاتی می‌توان به طور متوسط ۳۰ ریال برداشت کرد، که این بازدهی از کمتر سرمایه‌گذاری دیگری انتظار می‌رود. قطعاً تحقیق و توسعه یکی از الزامات شرکت فولاد اکسین خوزستان است زیرا که از پیشرفته‌ترین تجهیزات و آخرین تکنولوژی نورد فولاد بهره‌مند است. علاوه بر آن با داشتن نیروهای جوان و با انگیزه و تحصیل کرده که بسیار مشتاق به فعالیت‌های تحقیق و توسعه می‌باشند، گام‌های بلندی در این مسیر برداشته است. برای تحقق بیشتر اهداف عالی شرکت در گام اول بودجه مورد نیاز تأمین شده و محدودیت بودجه‌ای نداشته‌ایم و در گام بعدی تفاهم نامه‌هایی با دانشگاه‌های

مختلف منعقد کردیم که در حال همکاری دوجانبه با آنها هستیم و اعتقاد ما این است که بودجه در تحقیق و توسعه هزینه نیست، بلکه سرمایه‌گذار است.

#### • به نظر شما عملکرد وزارت صنعت، معدن و تجارت به عنوان متولی اصلی بخش معدن و صنایع معدنی کشور در قبال حمایت از صنعت آهن و فولاد چگونه بوده است؟

در ارزیابی عملکرد هر نهادی باید نگاهی به گذشته آن داشت، ممکن است یک وزارتخانه‌ای وارث مشکلاتی باشد و انتظاری که ما در حوزه حمایت از تولید از آن نهاد داریم، انتظاری غیرمعقول باشد. شرایط تحریم، بدهی زیاد بخش خصوصی به بانک‌ها و نداشتن منابع مالی لازم، از جمله مشکلاتی است که ممکن است این وزارتخانه با آن مواجه باشد. لذا به جای نگاه منتقدانه باید دید این وزارتخانه با چه مشکلاتی مواجه است. اما عملکرد وزارت صنعت، معدن و تجارت با توجه به مشکلات، اختیارات و امکاناتش به نظر من خوب بوده و همواره به دنبال رفع موانع و مشکلات بخش تولید بوده و کارهای زیادی انجام داده است که مشکلات را حل کند.

#### • نقش انجمن علمی آهن و فولاد ایران را در ارتباط با صنعت‌گران فولاد چگونه ارزیابی می‌کنید؟

نقش انجمن آهن و فولاد ایران در تسهیل فرآیند گردش اطلاعات و یاری رساندن به تصمیم‌سازان و تصمیم‌گیران حوزه‌های تخصصی صنعت فولاد بسیار مؤثر است. انتظار می‌رود انجمن با کمک‌های فکری خود بتواند باعث ایجاد ارزش افزوده در واحدهای تولیدی شود و نقش مشورتی می‌تواند داشته باشد. یکی از وظایف این انجمن، آشنا کردن صنعتگران با آخرین تکنولوژی‌ها، متدها و فن‌آوری‌های روز دنیاست. صنعتگران هم باید ارتباطشان را با انجمن آهن و فولاد ایران بیشتر کنند و خواسته‌های خود را به آنها منعکس کنند. بطور کلی تأثیرگذاری آن در صنعت فولاد کشورمان مثبت است.

## مصاحبه‌ای با مدیرعامل شرکت یگانه اندیش صنعت

می‌کند. از سوی دیگر در دنیا شاهد سقوط قیمت‌ها در بازار مواد معدنی و فلزات از یک سو و کاهش تقاضای کشورهای تعیین‌کننده‌ای مانند چین هستیم. البته باید بگویم که کاهش قیمت رخ داده در محصولات نهایی مانند فولاد بسیار بیشتر از کاهش قیمت مواد اولیه مانند سنگ آهن بوده است. البته همه می‌دانند که این فضا موقتی است. از سوی دیگر بعد از اجرای برجام انتظار می‌رود که تا حدود زیادی شاهد بازگشت رونق به صنایع کشور باشیم. با فعال شدن گشایش اعتبار مدت‌دار و ال‌سی‌های یوزانس ۱۸۰ و ۳۶۰ روزه نیز می‌توانیم انتظار بازگشت به رونق صنایع را داشته باشیم. بازگشایی ری‌فاینانس هم بسیار موثر خواهد بود.

### • لغو تحریم‌ها چه میزان از هزینه‌های شما را کاهش خواهد داد؟

یکی از هزینه‌های سنگین تحریم بر فعالیت‌های ما، اجبار در خرید نقدی بود. خرید نقدی و بازگشت پول در درازمدت باعث شد تا هزینه زیادی بر ما تحمیل شود. از سوی دیگر نرخ‌های سنگین تبدیل ارز در بانک‌های چین هم بر ما تحمیل شد. بطور کلی بعد از لغو تحریم‌ها می‌توانیم شاهد کاهش ۱۰ تا ۱۵ درصدی هزینه‌ها در فعالیت‌هایمان باشیم. به نظر من سیستم بانکی در دوران تحریم کم‌کاری کرد. به عنوان مثال بسیاری از خریدهای ما توسط دفاترمان در چین و دویی انجام شد اما برای بازگشت پول مشکل داشتیم. باید رابطه بین بانک‌ها و شرکت‌ها رابطه برد-برد باشد.

### • چه تفاوتی بین الکتروود گرافیتی تولید چین و اروپا به ویژه آلمان وجود دارد؟

ما در دوران قبل از تحریم‌ها از آلمان هم الکتروود گرافیتی وارد می‌کردیم اما در شرایط تحریم واردات این محصول از چین صورت گرفت. چین در زمینه الکتروود گرافیتی پیشرفت قابل توجهی داشته و از نظر کیفیت قطعاً از هند و روسیه جلوتر است. قیمت الکتروودهای گرافیتی چین هم بین ۵ تا ۸ درصد ارزان‌تر

در این شماره از مجله مصاحبه‌ای با مدیرعامل شرکت یگانه اندیش صنعت، بنا بر گزارش روابط عمومی این شرکت آمده است، که در ادامه می‌خوانید:

### • بطور خلاصه درباره تاریخچه و زمینه‌های فعالیت شرکت توضیح دهید؟

شرکت یگانه اندیش صنعت یکی از شرکت‌های زیرمجموعه هلدینگ یگانه اندیش سرمایه است که در زمینه تامین مواد اولیه موردنیاز صنایع فولاد، آلومینیوم، سرب و روی، ترانسفورماتور و قطعات خودرو (خودروسازی راین یکی دیگر از زیرمجموعه‌های هلدینگ) فعالیت می‌کند. ما برای صنعت فولاد موادی مانند الکتروود گرافیتی، گندله، فروآلیاژها، کک نفتی، کک متالورژی و زغال سنگ را تأمین می‌کنیم. به عنوان مثال ذوب آهن اصفهان که بزرگترین مصرف‌کننده زغال سنگ در صنعت فولاد کشور است، از مشتریان ماست. الکتروود گرافیتی را نیز برای شرکت‌هایی مانند فولاد خوزستان، فولاد خراسان، فولاد ارفع، فولاد خزر، گروه ملی فولاد و ... تامین می‌کنیم. شرکت در تمام مناقصه‌های فولادسازان شرکت می‌کند. سیاست شرکت تضمین کیفیت مواد اولیه موردنیاز فولادسازان با قیمت رقابتی است. باید به این نکته تاکید کنم که یگانه اندیش صنعت صرفاً یک اجنت یا نماینده نیست، بلکه ما در زمینه خرید مواد اولیه اقدام به سرمایه‌گذاری می‌کنیم و شرایط مناسبی را هم برای پرداخت مشتری‌انمان ایجاد کرده و کلیه ریسک‌ها و مسئولیت‌های این کار را هم پذیرفته‌ایم. ما خود را جزوی از چرخه تولید می‌دانیم و کاملاً درگیر آن هستیم. این در حالیست که بسیاری از نمایندگان فروش شرکت‌های خارجی اصلاً وارد این فرایند نمی‌شوند اما نیاز امروز کشور چنین چیزی نیست. هم‌اکنون شرکت‌ها با بحران نقدینگی مواجهند و نمی‌توان تأمین‌کننده صرف برای شرکت‌ها بود، بلکه باید تأمین نقدینگی نیز از سوی تأمین‌کننده قطعات و مواد اولیه صورت بگیرد، در غیر این صورت نباید انتظار رونق تولید را داشته باشیم. از سوی دیگر با توجه به اینکه عمده تولید فولاد و آلومینیوم در اختیار دولت است و تولید این کارخانه‌ها باید بطور پیوسته باشد، نحوه تأمین این کارخانه‌ها اهمیت زیادی پیدا



## • در زمینه واردات فروآلیاژها چه اقداماتی انجام داده‌اید؟

عمده فعالیت ما در این حوزه مربوط به واردات فروسیلیس با خلوص حداقل ۷۵ درصد از چین است که کیفیت خوبی هم دارد. تقاضای داخلی فروآلیاژها بالاست و تولید داخل هم کفاف نیاز بازار را نمی‌دهد و کارخانه‌ها هم با تمام ظرفیت کار نمی‌کنند و به صادرات نیز تمایل زیادی دارند. به نظر من تولید و واردات در هر حوزه‌ای باید وجود داشته باشند تا این دو بخش یکدیگر را از نظر قیمت و کیفیت به تعادل برسانند. در زمینه فرومنگنز نیز بیشتر واردات ما از کره جنوبی و هند انجام شده است و مذاکراتی نیز برای واردات فرومنگنز از اروپا و به ویژه فرانسه انجام داده‌ایم. یکی از ویژگی‌های ما به عنوان تامین‌کننده مواد اولیه موردنیاز صنایع معدنی، این است که دپوی محصول در بندرعباس داریم که ۵۰۰ تن فروسیلیس و ۵۰۰ تن فرومنگنز همواره در آن موجود و آماده تحویل است. به زودی الکتروود گرافیتی هم به سبد دپوی ما اضافه می‌شود. چنین ویژگی باعث می‌شود زمان کمتری را برای تحویل محصول به مشتری از دست بدهیم.

از مشابه آلمانی است. به تازگی مذاکراتی با شرکت SGL آلمان داشته ایم تا بتوانیم بخشی از الکتروود گرافیتی موردنیاز فولادسازان را نیز از این شرکت مطرح تامین کنیم.

## • بهره‌مندی شرکت‌های صنعتی از شرکت‌های بازرگانی مانند یگانه اندیش صنعت چیست؟

بسیاری از شرکت‌های صنعتی به منظور کاهش هزینه‌ها، امور بازرگانی خود را برون‌سپاری می‌کنند. ما به دنبال این هستیم که چهره متفاوتی را از یک شرکت بازرگانی در فعالیت‌های یگانه اندیش صنعت نشان دهیم.

## • با توجه به نیاز صنعت فولاد کشور به زغال سنگ، در این زمینه چه اقداماتی انجام داده‌اید؟

زغال سنگ موجود در کشور کیفیت لازم را ندارد و به همین دلیل بعضاً اقدام به واردات از چین و استرالیا می‌کنیم. به نظر می‌رسد با توجه به اجرای برجام می‌توانیم انتظار کاهش قیمت زغال سنگ وارداتی را در آینده نزدیک داشته باشیم. یکی از مشتریان اصلی زغال سنگ وارداتی هم ذوب آهن اصفهان است.



## مصاحبه‌ای با مدیرعامل شرکت پیشگام تجهیز سهند

طی ۸ ماه اخیر با در پیش گرفتن سیاست‌های حمایتی صادرات فولاد خود را از ۳۰ به ۱۰۰ میلیون تن افزایش داده است. در حال حاضر کشور ما به عنوان چهاردهمین تولید کننده بزرگ فولاد در جهان و دومین تولید کننده خاورمیانه (پس از ترکیه) می‌باشد و برای دستیابی به ظرفیت پیش‌بینی شده در افق ۱۴۰۴ (۵۵ میلیون تن در سال) نیاز به تصمیم‌سازی‌های صحیح و منطبق بر واقعیات است.

### • مهمترین مشکلات شما برای تولید به کدام عامل مربوط بوده است؟

- با توجه به فعالیت این شرکت در حوزه بازرگانی خارجی، رکود اقتصادی که صنعت کشور را با رکود مواجه ساخته طبیعتاً مشکلاتی را ایجاد نموده است.  
- خارج از موضوع رکود حاکم، یکی از عمده‌ترین مشکلات نوسانات و چند نرخ بودن ارزش می‌باشد که برای تجار و تولید کنندگان مشکلات عدیده‌ای را بوجود آورده است.  
- در دسترس نبودن تسهیلات و منابع بانکی

### • چه انتظاری از مسئولان مملکتی دارید؟

- اتخاذ راهکارهای مؤثر برای خروج از رکود اقتصادی و بازگرداندن رونق به اقتصاد  
- حذف موانع دست و پاگیر در زمینه صادرات و واردات و تسهیل امور گمرکی  
- تعیین تکلیف سیاست‌گذاری نرخ ارز یکبار و برای همیشه

### • درباره فعالیت‌های شرکت در عرصه تحقیق و توسعه

توضیح دهید، شرکت سالانه چه میزان از بودجه خود را به امر تحقیقات اختصاص می‌دهد؟  
- با توجه به ماهیت فعالیت این شرکت که بازرگانی خارجی است،

در این شماره از مجله مصاحبه‌ای با مدیرعامل شرکت پیشگام تجهیز سهند، جناب آقای مهندس امیرعباسی انجام شده است که در ادامه می‌خوانید:

### • بطور خلاصه درباره تاریخچه و زمینه‌های فعالیت شرکت توضیح دهید؟

- شرکت پیشگام تجهیز سهند در سال ۱۳۹۰ با هدف تأمین بخشی از تجهیزات مورد نیاز صنایع کشور تأسیس گردید و در حال حاضر به عنوان نمایندگی چندین شرکت معتبر اروپایی فعالیت دارد و تا به امروز تجهیزات مورد نیاز بسیاری از پروژه‌های عظیم و کارخانجات مختلف صنعتی را تأمین نموده است.

### • تحلیل جناب‌عالی از وضعیت صنایع متالورژی کشور چیست، آیا می‌توانید مقایسه‌ای با کشورهای مشابه و در حال توسعه ارائه دهید؟

- در شرایط فعلی به دلیل تحریم‌های بین‌المللی و رکود اقتصادی موجود موانعی بر سر راه توسعه صنعت فولاد در کشور به وجود آمده است. در حال حاضر تأمین نقدینگی و رسوب حدود ۳ میلیون تن محصولات فولادی در انبارها از عمده‌ترین دغدغه‌های تولید کنندگان داخلی است. طبیعتاً تا زمانی که تولیدکننده با انباشت محصول مواجه و امکان تأمین نقدینگی را نداشته باشد اجرای طرح‌های توسعه یا ایجاد کارخانجات جدید توجیهی برای سرمایه‌گذاران نخواهد داشت. در مقیاس بسیار کوچکتر بسیاری از کارگاه‌های ریخته‌گری در مدت اخیر متأسفانه با تعطیلی مواجه شده‌اند.

به هر حال سیاست‌های حمایتی مؤثر از سوی دولت و راهکار خروج از رکود مورد انتظار است. به عنوان مثال دولت چین در

همواره تلاش و اراده ما برای ارایه تجهیزات بر اساس تکنولوژی روز دنیا بخصوص محصولات با مصرف انرژی کمتر و سازگاری بیشتر با محیط زیست بوده است. ضمن آنکه مذاکراتی جهت تولید محصولات تحت لیسانس شرکت‌های اروپایی در داخل کشور در حال انجام است.

### • به نظر شما عملکرد وزارت صنعت، معدن و تجارت به عنوان متولی اصلی بخش معدن و صنایع معدنی کشور در قبال حمایت از صنعت آهن و فولاد چگونه بوده است؟ پیشنهاد شما برای بهبود وضعیت کنونی صنعت آهن و فولاد چیست؟

- با توجه به چشم انداز ترسیم شده در افق ۱۴۰۴، در فاصله زمانی ۹ سال و با وجود بسیاری از پروژه‌های فولاد سازی نیمه تمام و تعطیل بسیار بعید است فعالیت‌های فعلی به تولید مد نظر در آن زمان منجر گردد. ضمن آنکه سیاست‌های فعلی برای خروج از رکود و حمایت از تولیدکنندگان آهن و فولاد تاکنون با موفقیت چندانی همراه نبوده است.

- در حال حاضر اتخاذ راهکارهایی از قبیل اعطای جوایز صادراتی، تحرک بخشی به حوزه مسکن، بررسی افزایش تعرفه واردات فولاد، ارایه تسهیلات هدفمند و ارایه راهکارهایی برای کاهش هزینه‌ها برای خروج نسبی از رکود کارگشا خواهد بود هر چند بحث رکود کلی است و بخش صنعت فولاد به عنوان زیر مجموعه‌ای مهم از صنعت کشور درگیر این موضوع است. در خصوص پروژه‌های نیمه تمام و تعطیل به نظر میرسد تنها راه حل مساله این است که با تعیین اولویت در خصوص پروژه‌های دارای توجیه اقتصادی نسبت به تأمین منابع از طریق فروش اوراق مشارکت یا فاینانس خارجی اقدام گردد.

### • نقش انجمن علمی آهن و فولاد ایران را در ارتباط با صنعت گران فولاد چگونه ارزیابی می‌کنید؟

- انجمن علمی آهن و فولاد ایران نقش مهمی در ارایه اطلاعات به روز و کارآمد به فعالان صنعت فولاد این مرز و بوم دارد و ضمن انجام فعالیتهای آموزشی و پژوهشی صنعتگران این عرصه را در جریان آخرین دستاوردهای این صنعت قرار میدهد.

# 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 آنودی	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 راه های پیشگیری	۱
۸	سوپروایزر اجرایی piping (اجرا، طراحی، جوش، دفتر فنی، QC، عایق و رنگ)	۲
۹	آزمایش های غیر مخرب: 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 زنگ نزن	۲

بسته روش های 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 غیر آهنی	۱
۵	آنالیز کمی شامل: کوانتومتری، اسپکترومتری	۱
۶	روش های 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 بین المللی	۲
۲	آشنایی با استانداردهای کارخانه، ملی، منطقه ای و بین المللی	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

دوره های آموزش تخصصی مهندسی برق

عنوان دوره	مدت دوره	سطح دوره	سیلابس دوره
دوره تخصصی برق کوره های قوس الکتریکی	۴ روز (۳۲ ساعت)	کارشناس	آشنائی با مشخصه های قوس الکتریکی- کوره های قوس الکتریکی (تاریخچه و آشنائی)- سیستم الکتریکی کوره های قوس (ترانس-راکتور سری- کابل های ارتباطی-الکترودها- سیستم جبران)- سیستم الکتروود رگولیشن- تنظیمات بهینه و موثر سیستم رگولیشن- مصرف الکتروود در کوره های قوس الکتریکی- دلایل شکستن الکتروود و راهکارهای جلوگیری از آن- پارامترهای مؤثر بر مصرف انرژی الکتریکی و روش های افزایش راندمان در کوره های قوس الکتریکی
آموزش نرم افزار Catia	۱۷ روز (۱۴۴ ساعت)	کارشناس	طراحی پیشرفته سطوح- طراحی سطوح به وسیله ابر نقاط- ورقکاری با کتیا- آنالیز مکانیکی- برنامه نویسی ماشین کاری ( تراش و فرز)- شبیه سازی حرکتی مکانیزم- ارگونومی و آنالیز ارگونومیک- برنامه نویسی و ماکرونویسی در کتیا
آشنایی با تجهیزات ابزار دقیق و رفع عیب آنها	۳ روز (۲۴ ساعت)	تکنسین	مفاهیم اولیه و مشخصات اصلی تجهیزات ابزار دقیق- حسگرها، مبدل ها- اندازه گیری دما- اندازه گیری فشار- روشهای مختلف اندازه گیری دبی- روش های اندازه گیری سطح- اندازه گیری لرزش (ویبره سنجی)- تجهیزات ابزار دقیق هوشمند
سیستم ارتینگ	۳ روز (۲۴ ساعت)	تکنسین کارشناس	تعاریف و مشخصه های سیستم زمین براساس استاندارد- انواع سیستم زمین در شبکه های توزیع- مشخصات استاندارد تجهیزات اتصال سیستم زمین - روشهای اندازه گیری مقاومت اتصال زمین و خاک- روشهای استاندارد ایجاد سیستم زمین براساس شرایط مختلف آب و هوایی در صنایع- آشنائی با روش طراحی سیستم زمین براساس نوع خاک و شرایط آب و هوایی- آشنائی با زمین الکتریکی در نیروگاهها- برگزاری دوره عملی تست مقاومت سیستم زمین و خاک
سامانه های اتوماسیون	۳ روز (۲۴ ساعت)	کارشناس	مقدمه ای بر سیستمهای کنترلی از نظر ساختار اجرایی- مفاهیم اساسی سیستم اتوماسیون- معرفی برخی از اجزای سیستم اتوماسیون- معرفی روش های تبادل اطلاعات در صنعت- سنسورها و سیستم های ابزار دقیق در صنعت
شناخت درایوهای DC و AC	۳ روز (۲۴ ساعت)	کارشناس	آشنایی با مبدل های AC - DC (چاپرها)- آشنایی با مبدل های DC - AC (اینورترها)- اصول طراحی رگولاتورهای جریان، گشتاور و سرعت در سیستم حلقه بسته کنترلی- روش های کنترل موتورهای DC- روش های کنترل اسکالر موتورهای AC- روش های کنترل برداری موتورهای AC

دوره های آموزش تخصصی مهندسی برق

عنوان دوره	مدت دوره	سطح دوره	سیلابس دوره
شناخت و عیب یابی ترانسفورهای قدرت	۳ روز (۲۴ ساعت)	کارشناس	آشنایی با اصول کار و ساختمان ترانس های قدرت- استانداردهای سرویس و نگهداری ترانس های قدرت- شرایط کاری و محیطی ترانس های قدرت - علل عیب و مشکلات در ترانس های قدرت- روش های تست و عیب یابی ترانس های قدرت- آزمایش روغن- مونتورینگ جریان و ولتاژ- سایر روش های تست و عیب یابی (پاسخ فرکانسی- PD- DP- لرزش- نویز)- تست های استاندارد دوره ای ترانس های خشک و روغنی
عیب یابی و پایش موتورهای الکتریکی	۳ روز (۲۴ ساعت)	کارشناس	انواع خطا در موتورها- علل ایجاد خطا در موتورها- روشهای تشخیص خطا- تست های استاندارد موتورها- روشهای پایش موتورها- روشهای مدرن در تشخیص خطای موتورها
فیلترهای هارمونیک	۳ روز (۲۴ ساعت)	کارشناس	آشنایی با اصول عملکرد فیلترهای هارمونیک- انواع فیلترهای پسیو و استانداردهای مربوط به آنها- اصول طراحی فیلترهای پسیو- آنالیز پاسخ فرکانسی شبکه و تاثیر نصب فیلتر- آنالیز حالت های گذرای فیلتر- آشنایی با فیلترهای اکتیو و اصول عملکرد آنها
نرم افزار Digsilent	۴ روز (۳۲ ساعت)	کارشناس	آشنایی با قابلیت های نرم افزار Digsilent- آشنایی با محیط نرم افزار - آشنایی با المانهای موجود در نرم افزار نحوه وارد کردن اطلاعات- ناحیه بندی کردن شبکه قدرت- آنالیز پخش بار- نحوه گزارش گیری از محاسبات- آنالیز اتصال کوتاه متقارن- آنالیز اتصال کوتاه نامتقارن- آشنایی با قابلیت های نرم افزار Digsilent
اصول جایگزینی و انتخاب بهینه موتورهای الکتریکی در صنعت	۳ روز (۲۴ ساعت)	کارشناس	آشنایی با استانداردها و شاخص های کاری موتورهای الکتریکی- پارامترهای محیطی، کار، مصرف انرژی، نوع بار در انتخاب و جایگزینی موتورهای الکتریکی- تست های مربوط به تعیین عمر عایقی ترانسها- مشخصات فنی و محاسبات مربوط به موتورهای مورد استفاده در درایوهای الکتریکی- نحوه محاسبات اقتصادی در برآورد هزینه جایگزینی موتورهای الکتریکی

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	۲۵۰/۰۰۰
۲	مجموعه مقالات سمپوزیوم فولاد ۷۸	انجمن آهن و فولاد ایران	اردیبهشت ۱۳۷۸	۲۵۰/۰۰۰
۳	مجموعه مقالات سمپوزیوم فولاد ۷۹	انجمن آهن و فولاد ایران	بهمن ۱۳۷۹	۲۵۰/۰۰۰
۴	مجموعه مقالات سمپوزیوم فولاد ۸۰	انجمن آهن و فولاد ایران	بهمن ۱۳۸۰	۲۵۰/۰۰۰
۵	مجموعه مقالات سمپوزیوم فولاد ۸۱	انجمن آهن و فولاد ایران	بهمن ۱۳۸۱	۳۰۰/۰۰۰
۶	مجموعه مقالات سمپوزیوم فولاد ۸۲	انجمن آهن و فولاد ایران	بهمن ۱۳۸۲	۳۰۰/۰۰۰
۷	مجموعه مقالات سمپوزیوم فولاد ۸۳	انجمن آهن و فولاد ایران	اسفند ۱۳۸۳	۳۰۰/۰۰۰
۸	مجموعه مقالات سمپوزیوم فولاد ۸۴	انجمن آهن و فولاد ایران	اسفند ۱۳۸۴	۳۰۰/۰۰۰
۹	مجموعه مقالات سمپوزیوم فولاد ۸۵	انجمن آهن و فولاد ایران	اسفند ۱۳۸۵	۳۰۰/۰۰۰
۱۰	مجموعه مقالات سمپوزیوم فولاد ۸۶	انجمن آهن و فولاد ایران	بهمن ۱۳۸۶	۳۵۰/۰۰۰
۱۱	مجموعه مقالات سمپوزیوم فولاد ۸۷	انجمن آهن و فولاد ایران	اسفند ۱۳۸۷	۳۵۰/۰۰۰
۱۲	مجموعه مقالات سمپوزیوم فولاد ۸۸	انجمن آهن و فولاد ایران	اسفند ۱۳۸۸	۳۵۰/۰۰۰
۱۳	مجموعه مقالات سمپوزیوم فولاد ۸۹	انجمن آهن و فولاد ایران	اسفند ۱۳۸۹	۳۵۰/۰۰۰
۱۴	مجموعه مقالات سمپوزیوم فولاد ۹۰	انجمن آهن و فولاد ایران	اسفند ۱۳۹۰	۳۵۰/۰۰۰
۱۵	مجموعه مقالات سمپوزیوم فولاد ۹۱	انجمن آهن و فولاد ایران	اسفند ۱۳۹۱	۴۰۰/۰۰۰
۱۶	مجموعه مقالات سمپوزیوم فولاد ۹۲	انجمن آهن و فولاد ایران	اسفند ۱۳۹۲	۵۰۰/۰۰۰
۱۷	مجموعه مقالات سمپوزیوم فولاد ۹۳	انجمن آهن و فولاد ایران	اسفند ۱۳۹۳	۶۰۰/۰۰۰
۱۸	Physical Metallurgy of Steel(2001)	Glyn Meyrick - Robert H. wagoner-wei Gan	زمستان ۸۲	۱۰۰/۰۰۰
۱۹	Introduction to the Economics of Structural Steel Work (2001)	The Southern African Institute of Steel Construction	زمستان ۸۲	۱۰۰/۰۰۰
۲۰	Steels "Microstructure and Properties", Third Edition	H. K. D. H. Bhadeshia and Sir Robert Honeycombe	شهریور ۸۷	۲۰۰/۰۰۰
۲۱	Advanced High Strength Steel (AHSS) Application Guidelines, Version 3	International Iron & Steel Institute	شهریور ۸۷	۱۰۰/۰۰۰



ردیف	عنوان	گردآورنده	تاریخ انتشار	مبلغ (ریال)
۲۲	کتاب فولاد سازی ثانویه	مهندس محمد حسین نشاطی	شهریور ماه ۸۴	۱۵۰/۰۰۰
۲۳	کتاب فرهنگ جامع مواد	مهندس پرویز فرهنگ	شهریور ماه ۸۸	۳۰۰/۰۰۰
۲۴	فصلنامه علمی - خبری پیام فولاد از شماره الغایت شماره ۵۷	انجمن آهن و فولاد ایران	از پاییز ۹۰ لغایت زمستان ۹۳	۶۰/۰۰۰
۲۵	مجله علمی - پژوهشی بین المللی انجمن آهن و فولاد ایران (International Journal of Iron & Steel Society of Iran)	انجمن آهن و فولاد ایران	از پاییز ۸۹ لغایت زمستان ۹۴	افراد حقیقی ۱۲۰/۰۰۰ مؤسسات حقوقی ۲۴۰/۰۰۰
۲۶	کتاب راهنمای انتخاب و کاربرد فولاد ابزار	مهندس محمد حسین نشاطی	اسفندماه ۸۸	۱۰۰/۰۰۰
۲۷	کتاب مرجع فولاد	مهندس محمد حسن جولازاده	آذرماه ۸۹	۴۰/۰۰۰
۲۸	کتاب مرجع فولاد ۱۳۹۰	مهندس محمد حسن جولازاده	آذرماه ۹۰	۵۰/۰۰۰
۲۹	کتاب مرجع فولاد ۱۳۹۱	مهندس محمد حسن جولازاده	آذرماه ۹۱	۶۰/۰۰۰
۳۰	کتاب مرجع فولاد ۱۳۹۲	مهندس محمد حسن جولازاده	آذرماه ۹۲	۱۰۰/۰۰۰
۳۱	کتاب مرجع فولاد ۱۳۹۳	مهندس محمد حسن جولازاده	آذرماه ۹۳	۱۵۰/۰۰۰
۳۲	کتاب مرجع فولاد ۱۳۹۴	مهندس محمد حسن جولازاده	آذرماه ۹۴	۲۰۰/۰۰۰

در ضمن هزینه پست سفارشی به مبلغ فوق اضافه خواهد شد. جهت کسب اطلاعات بیشتر با شماره تلفن ۲۴-۳۳۹۳۲۱۲۱ (۰۳۱) دفتر مرکزی انجمن آهن و فولاد ایران تماس حاصل نمایند.





ISSI

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

توجه: لطفاً در قسمتهای هاشور زده، جری 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"/>
<input type="text"/>		کد عضویت	<input type="text"/>
Name	<input type="text"/>	نام خانوادگی	<input type="text"/>
Family	<input type="text"/>	نام محل کار	<input type="text"/>
Company	<input type="text"/>	سمت سازمانی	<input type="text"/>
<input type="text"/>	تاریخ تولد	کد ملی	<input type="text"/>
<input type="text"/>	محل تولد	شماره شناسنامه	<input type="text"/>
<input type="text"/>		آدرس محل کار	<input type="text"/>
<input type="text"/>	صندوق پستی	کد پستی محل کار	<input type="text"/>
<input type="text"/>	دورنویس	تلفن محل کار	<input type="text"/>
<input type="text"/>		آدرس مکاتبه	<input type="text"/>
<input type="text"/>	صندوق پستی	کد پستی	<input type="text"/>
<input type="text"/>	تلفن همراه	تلفن	<input type="text"/>
E-mail	<input type="text"/>		
<input type="text"/>	سال دریافت مدرک	آخرین مدرک تحصیلی	<input type="text"/>
<input type="text"/>	کشور/شهر دریافت مدرک	رشته تحصیلی	<input type="text"/>
		دانشگاه اخذ آخرین مدرک	<input type="text"/>
<input type="text"/>	تاریخ انعام عضویت	تاریخ شروع عضویت	<input type="text"/>
<input type="text"/>	توضیحات	تعداد سال عضویت	<input type="text"/>

امضاء:

تاریخ:

### مدارک لازم برای عضویت:

- ۱- برگ درخواست عضویت تکمیل شده
- ۲- فتوکپی آخرین مدرک تحصیلی (برای دانشجویان ارائه کپی کارت دانشجویی کافی است.) + دو قطعه عکس ۳×۲.
- ۳- فیش بانکی به مبلغ (برای مؤسسات حقوقی وابسته ۵/۵۰۰/۰۰۰ ریال، برای اعضاء حقیقی ۵۵۰/۰۰۰ ریال، برای دانشجویان ۳۰۰/۰۰۰ ریال) به حساب شماره ۰۲۰۲۸۳۱۶۲۷۰۰۲ بانک ملی ایران شعبه دانشگاه صنعتی اصفهان (کد شعبه ۳۱۸۷) بنام انجمن آهن و فولاد ایران.
- ۴- ارسال فیش واریزی از طریق (فکس: ۰۳۱-۳۳۹۳۲۱۲۴، پست و یا تحویل حضوری)



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- نسوزهای 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: ۲۴-۳۳۹۳۲۱۲۱-۳۳۹۳۲۱۲۴ (۰۳۱)، دورنویس: ۳۳۹۳۲۱۲۴ (۰۳۱)

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

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

## GUIDE FOR PREPARATION OF MANUSCRIPT

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

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

### 2. Category

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

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

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

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

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

**5. Style of manuscript:** It is important that the file be saved in the native format of the word processor used. The text should be in single-column format. The manuscripts should be submitted in double-spaced typing, 12 points Times New Roman font, on consecutively numbered A4 pages of uniform size with 3.0 cm margin on the left and 2.0 cm margins on top, bottom and right. The manuscript must be presented in the order: (1) title page, (2) abstract and key words, (3) text, (4) references, (5) appendices, and (6) list of captions, each of which should start on a new page. All papers should be limited to 20 pages.

### Essential title page information

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

**Author names and affiliations:** Where the family name may be ambiguous (e.g., a double name), please indicate this clearly. Present the authors' affiliation addresses (where the actual work was done) below the names. Indicate all affiliations with a lower-case superscript letter immediately after the author's name and in front of the appropriate address. Provide the full postal address of each affiliation, including the country name, and, if available, the e-mail address of each author.

**Corresponding author:** Clearly indicate who will handle correspondence at all stages of refereeing and publication, also post-publication. **Ensure that telephone and fax numbers (with country and area code) are provided in addition to the e-mail address and the complete postal address.**

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

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

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

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

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

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

**Tables:** Tables should be numbered consecutively in accordance with their appearance in the text and referred as, **for example**, 'Table 1'. Tables must not appear in the text but should be prepared on separate sheets. They must have captions and simple column headings. Place footnotes to tables below the table body and indicate them with superscript lowercase letters. Avoid vertical rules. Be sparing in the use of tables and ensure that the data presented in tables do not duplicate results described elsewhere in the article. Captions should be 10 pt, and centered. Tables should be self-contained and complement, but not duplicate, information contained in the text.

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

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

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

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

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

v) Each figure must be supplied in digital form as a separate, clearly named file. Acceptable

file formats are TIFF and JPEG. Images should be saved at a resolution of at least 600 dpi at final size (dpi=dots or pixels per inch; 600 dpi=240 dots per centimeter). Do not save at the default resolution (72 dpi). Crop any unwanted white space from around the figure before sizing.

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

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

should contain material appropriate to the discussion.

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

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

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

**i) Journals:** Use the standard abbreviations for journal names. Give the volume number, the year of publication and the first page number. **[Example]** M. Kato, S. Mizoguchi and K. Tsuzaki: ISIJ Int., 40(2000), 543.

**ii) Conference Proceedings:** Give the title of the proceedings, the editor's name if any, the publisher's name, the place of publication, the year of publication and the page number. **[Example]** Y. Chino, K. Iwai and S. Asai: Proc. of 3rd Int. Symp. on Electromagnetic Processing of Materials, ISIJ, Tokyo, (2000), 279.

**iii) Books:** Give the title, the volume number, the editor's name if any, the publisher's name, the place of publication, the year of publication and the page number. **[Example]** [1] W. C. Leslie: The Physical Metallurgy of Steels, McGraw-Hill, New York, (1981), 621. [2] U. F. Kocks, A. S. Argon and M. F. Ashby: Progress in Materials Science, Vol.19, ed. by B. Chalmers, Pergamon Press, Oxford, (1975), 1.

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

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

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

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

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

## 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، پارک علم و فناوری شیخ بهایی، 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 ۲۵۰۰۰۰ ریال می‌باشد.
- ۵- در صورت نیاز به اطلاعات بیشتر با تلفن‌های ۲۴-۳۳۹۳۲۱۲۱ (۰۳۱) 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.

## تعارفه آگهی در فصلنامه پیام فولاد

مجله پیام فولاد انجمن آهن و فولاد ایران به صورت فصلنامه بیش از پانزده 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 ۱۰۰۰ 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 زیر تعارفه ها با توجه به محل درج آگهی آورده شده است.

ردیف	شرح مورد سفارش	قیمت (ریال)
۱	یک صفحه رنگی پشت جلد مجله	۹/۰۰۰/۰۰۰
۲	یک صفحه رنگی داخل روی جلد مجله (دوم جلد)	۷/۰۰۰/۰۰۰
۳	یک صفحه رنگی داخل پشت جلد مجله (سوم جلد)	۷/۰۰۰/۰۰۰
۴	یک صفحه رنگی داخل مجله	۶/۰۰۰/۰۰۰
۵	یک صفحه سیاه و سفید داخل مجله	۳/۰۰۰/۰۰۰

### 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>4</sub> می باشد.
- 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 بیوست فرم تکمیل شده ذیل به شماره تلفن ۴-۳۳۹۳۲۱۲۱-۳۱ فاکس نمایند.
- جهت مشاهده شماره های گذشته مجله و دانلود به آدرس سایت انجمن به نشانی [www.issiran.com](http://www.issiran.com) مراجعه نمایید.

### 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 بیوست می باشد.  
 امضاء:



## شبهه 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 آحاد 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.

### 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.