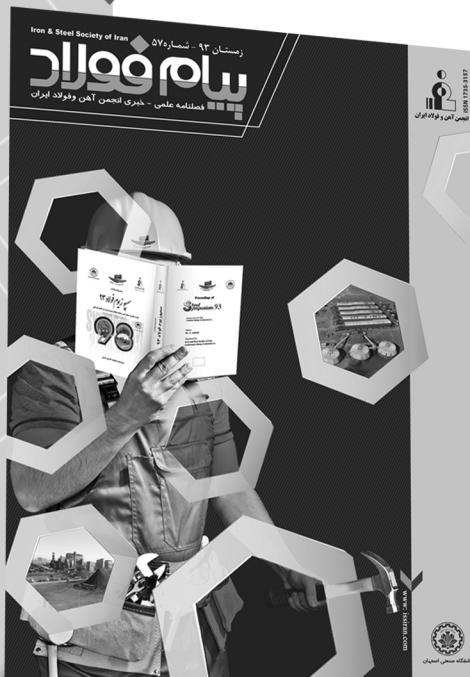


# پیام فولاد

فصلنامه علمی - خبری انجمن آهن و فولاد ایران

زمستان ۹۳ - شماره ۵۵



- صاحب امتیاز : انجمن آهن و فولاد ایران
- مدیرمسئول و سردبیر : دکتر حسین ادریس
- هیأت تحریریه :

دکتر حسین ادریس (استاد دانشگاه صنعتی اصفهان)  
 دکتر بهروز ارباب شیرانی (استادیار دانشگاه صنعتی اصفهان)  
 مهندس محمدحسن جولازاده (شرکت آژینه گستر اسپادانا)  
 دکتر کیوان رئیسی (دانشیار دانشگاه صنعتی اصفهان)  
 دکتر احمد ساعتچی (استاد دانشگاه صنعتی اصفهان)  
 دکتر علی شفیعی (دانشیار دانشگاه صنعتی اصفهان)  
 دکتر مرتضی شمعیان (استاد دانشگاه صنعتی اصفهان)  
 دکتر عباس نجفی زاده (استاد دانشگاه صنعتی اصفهان)

- مدیر اجرایی : مهندس مرتضی صالحی
- مدیر روابط عمومی : فریدون واعظزاده
- طراحی جلد و صفحه آرایی : الهام معینی
- ناشر : انجمن آهن و فولاد ایران
- خدمات نشر : ارکان دانش
- شمارگان : ۳۰۰۰ نسخه
- بهاء : ۵۰۰۰۰ ریال

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.

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

E-mail: info@issiran.com

www.issiran.com

۳	.....	سرمقاله
۴	.....	کنترل میکروآخال ها در عملیات کلسیم فولادهای آرام شده با آلومینیم
		ترجمه: مهندس مرتضی صالحی
۸	.....	ترک های سطحی در ریخته گری پیوسته فولاد - نقش دانه های غیرعادی بزرگ آستنیت اولیه
		ترجمه: محمدحسین نشاطی
		بررسی اثر سیلیکات سدیم و اسید بوریک همراه با کربنات لیتیم بر خواص فیزیکی و مکانیکی قطعات منیزیتی با
۱۹	.....	پخت دما پایین
		نویسندگان: علیرضا شالبافی، مرجان منشی، احمد منشی
۲۵	.....	اخبار انجمن آهن و فولاد ایران
۲۷	.....	اخبار اعضاء حقوقی انجمن آهن و فولاد ایران
۲۹	.....	اخبار از سایت های بین المللی
۳۱	.....	عناوین مقالات مندرج در مجلات بین المللی آهن و فولاد
		- مجله: Journal of Iron and Steel Research, International Volume 21, Issue 12, Pages 1065-1158 (December 2014)
۳۲	.....	ترجمه سه چکیده مقاله از مجله:
		- مجله: Journal of Iron and Steel Research, International Volume 21, Issue 12, Pages 1065-1158 (December 2014)
۳۳	.....	معرفی کتاب
۳۵	.....	گونگون
		( این شماره: نقش فلزات در تهیه رنگ های شیمیایی و گیاهی ، سعید دوازده امامی )
۳۶	.....	گزارش فنی
		( این شماره: تحلیل و ارزیابی تأمین فولادهای آلیاژی و اثرگذاری آن بر صنایع نفت، گاز و پتروشیمی ایران ، بردیا نخجوان )
۳۷	.....	سمینارهای بین المللی ، سمینارهای داخلی
۳۸	.....	دانستنی های فولادی
		( این شماره: نیروی انسانی صنایع فولاد ، مهندس محمد حسن جولزاده )
۴۱	.....	مصاحبه
		( این شماره: مدیر عامل شرکت آهن و فولاد غدیر ایرانیان، مهندس اسد اله فرشاد )
۴۳	.....	آگهی استخدام
۴۶	.....	برگزاری دوره های آموزشی انجمن آهن و فولاد ایران
۵۲	.....	انتشارات آهن و فولاد
۵۴	.....	فرم درخواست عضویت حقیقی و حقوقی در انجمن آهن و فولاد ایران
۵۵	.....	فراخوان مقاله برای مجله بین المللی انجمن آهن و فولاد ایران
۵۶	.....	دستورالعمل تهیه مقالات به زبان انگلیسی جهت مجله بین المللی علمی - پژوهشی انجمن آهن و فولاد ایران
۵۸	.....	راهنمای اشتراک فصلنامه پیام فولاد
۵۹	.....	تعرفه آگهی در فصلنامه پیام فولاد
۶۰	.....	دستورالعمل تهیه مقاله برای فصلنامه پیام فولاد

مجله پیام فولاد شماره پنجاه و هفتم که هم اکنون در اختیار شماست چند موضوع را در مدنظر قرار داده است، از جمله با توجه به اهمیت روش‌های کنترل در تولید فولادهای تمیز، در این شماره یک مقاله در این مورد با استفاده از عنصر کلسیم در فولاد آرام شده با آلومینیم بحث گردیده است. همچنین دو مقاله یکی در مورد بررسی اثر درشت شدن آستنیت اولیه در ترک‌های سطحی ریخته‌گری مداوم و دیگری در مورد مواد نسوز منیزیتی و تأثیر سیلیکات سدیم و اسید بوریک بر آن نیز آورده شده است. موضوعات دیگری نیز در این شماره وارد شده که امیدوارم در مجموع حداقل قسمتی از این مطالب برای خوانندگان عزیز مفید باشد.

دکتر حسین ادريس

مدیرمسئول و سردبیر فصلنامه پیام فولاد

# کنترل میکروآخال‌ها در عملیات کلسیم فولادهای آرام شده با آلومینیم<sup>۱</sup>

مترجم: مهندس مرتضی صالحی

انجمن آهن و فولاد ایران

## چکیده

یک مدل ترمودینامیکی ساده برای پیش‌بینی تشکیل میکروآخال‌ها در عملیات کلسیم فولادهای کشته شده با آلومینیم ارائه گردیده است. اطلاعات پایه مورد نیاز در این مدل عبارتند از دما و آنالیز شیمیایی فولاد. مدل برای پیش‌بینی مقدار و نوع آلومینات‌های کلسیم و سولفیدهای موجود در فولاد کاربرد دارد، همانطور که غلظت عناصر حل شده را نیز تعیین می‌کند.

## مقدمه

عملیات کلسیم برای کنترل شکل و ترکیب آخال‌های اکسیدی و سولفیدی در فولادهای کشته شده با آلومینیم بکار می‌رود. کلسیم اضافه شده با آخال‌های جامد  $Al_2O_3$  واکنش داده و تولید آلومینات‌های کلسیم با نقطه ذوب پایین می‌کند. مقداری از کلسیم با گوگرد حل شده در فولاد واکنش داده و تولید سولفید کلسیم یا سولفید کلسیم- منگنز می‌کند. بخوبی مشخص شده است که عملیات ریخته‌گری و کیفیت فولاد بطور عمده ای در ارتباط با ترکیب مقدار آخال‌های موجود در فولاد است. مشکلات مسدود شدن نازل ریخته‌گری اغلب مربوط به ترکیب آخال‌هاست، چرا که آلومینات‌ها با  $Al_2O_3$  زیاد و یا آخال‌های سولفید کلسیم در درجه حرارت‌های ریخته‌گری بصورت جامد هستند و سبب انسداد نازل می‌شوند. ترکیب آخال همچنین ممکن است روی عملیات بعدی تأثیرگذار باشد. برای مثال آلومینات‌های کلسیم مختلف در حین گرم شدن رفتارهای متفاوت دارند که بعزت ضریب انبساط خاص هریک است. این موضوع می‌تواند سبب افزایش تنش و در نهایت ترک در فصل مشترک آخال با زمینه شود. ترکیب آخال‌های سولفیدی نیز دارای یک اثر آشکار روی خواص محصول است. در حالی که آخال‌های سولفید منگنز در حین نورد براحتی تغییر شکل می‌دهند، سولفیدهای کلسیم سخت‌تر بوده و معمولاً تغییر شکل نمی‌دهند. این تغییرات در رفتار سولفیدها احتمالاً می‌تواند بر روی ترک‌های هیدروژنی (HIC) مؤثر باشند، چرا که هیدروژن خیلی آسانتر توسط آخال‌های سولفید منگنز کشیده شده بدام می‌افتد و بنابراین مقاومت زمینه را در برابر ترک‌های هیدروژنی

کاهش می‌دهد. دیگر خواص فولاد نیز مانند قابلیت جوشکاری قابلیت ماشین‌کاری و خصوصیات مکانیکی نیز تحت تأثیر مقدار و نوع میکروآخال‌ها موجود در فولاد قرار می‌گیرند. جدول ۱ خصوصیات آلومینات‌های کلسیم مختلف را به همراه  $CaO$ ،  $CaS$ ،  $MnS$  نشان می‌دهد.

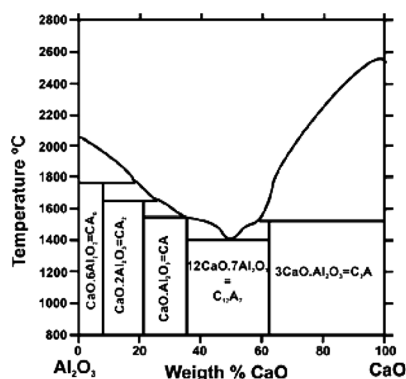
جدول ۱. خصوصیات آلومینات‌های کلسیم مختلف،  $CaO$  و سولفیدها

Phase	Crystalline structure	Density, $g\ cm^{-3}$	Melting temp., $^{\circ}C$	Vickers hardness, HV	Thermal expansion, $^{\circ}C^{-1}$
$\alpha$ alumina	Trigonal	3.96	2050	3750	$8 \times 10^{-6}$
$CA_6$	Hexagonal	3.38	1850	2200	$9 \times 10^{-6}$
$CA_2$	Monoclinic	2.91	1750	1100	...
CA	Monoclinic	2.98	1605	930	$7 \times 10^{-6}$
$C_{12}A_7$	Cubic	2.83	1455	...	$8 \times 10^{-6}$
$C_3A$	Cubic	3.04	1535	...	$1.0 \times 10^{-5}$
CaO	Cubic	3.34	2570	400	...
CaS	Cubic	2.50	2450	...	$1.5 \times 10^{-5}$
MnS	Cubic	3.99	1610	170	$1.8 \times 10^{-5}$

این مقاله مدلی ارائه داده است که مقدار و ترکیب آلومینات‌ها و سولفیدها را در فولادهایی که با استفاده از کلسیم اصلاح سازی شده‌اند پیش‌گویی می‌کند.

## ۱- اصول تئوری

در طی عملیات کلسیم در فولادهای کشته شده با آلومینیم مقداری از کلسیم حل شده در فولاد با آخال‌های  $Al_2O_3$  جامد واکنش داده و آن‌ها را به آلومینات‌های کلسیم تبدیل می‌کند. با افزودن کلسیم آخال‌ها از  $CaO$  غنی شده و نقطه لیکوتیدوس آن‌ها کاهش می‌یابد (شکل ۱).



شکل ۱. نمودار  $Al_2O_3$ - $CaO$

۱. این متن ترجمه مقاله ی زیر است :

C. E. Cicutti, J. Madias and J. C. Gonzalez, Control of microinclusions in calcium treated aluminum killed steels, Iron making and Steelmaking, 1997, Vol. 24, No. 2

اکتیویته‌ها در سیستم  $\text{CaO}-\text{Al}_2\text{O}_3$  برای ترکیب آخال‌های مختلف اکسیدی و درجه حرارت‌ها با توجه به مطالعات قبلی تخمین زده می‌شوند. در حالی که مقادیر اکتیویته‌ها در سیستم  $\text{CaS}-\text{MnS}$  از روش مطالعه شده توسط لو<sup>۲</sup> و همکارانش محاسبه می‌شوند. اکتیویته عناصر حل شده ( $\text{Mn}, \text{S}, \text{O}, \text{Ca}, \text{Al}$ ) با توجه به پارامترهای تأثیر متقابل که در منابع موجود است محاسبه می‌گردند و اثرات کربن، فسفر و سیلیسیم را نیز می‌توان با استفاده از همین پارامترهای تأثیر متقابل بررسی کرد.

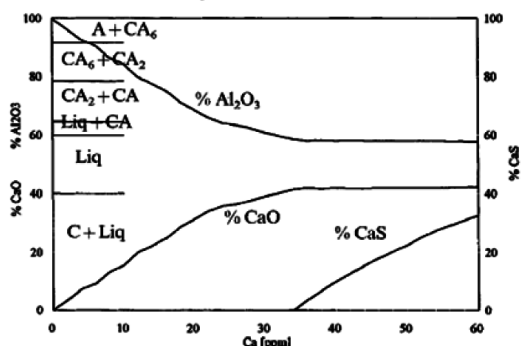
## ۲- نتایج کاربردهای مدل

بعضی از کاربردهای مدل برای موارد صنعتی در این قسمت بیان می‌شود. اولین مورد بعضی از مثال‌های بسته شدن نازل پاتیل و تاندیش است که مورد بررسی قرار می‌گیرد. دومین مورد مدلی برای پیش‌بینی ترکیبات نهایی آخال‌ها است.

### ۲-۱- بسته شدن نازل

انسداد نازل پاتیل زمانی انجام می‌شود که آخال‌های جامد یا نیمه جامد در فولاد وجود داشته باشند. درحالی که فولاد با آلومینیم کشته شده باشد و تحت عملیات کلسیم قرار بگیرد دو حالت زیر را مورد بررسی قرار می‌دهیم:

اول هنگامی است که مقدار کلسیم موجود در فولاد در حد پایین است که آخال‌های کاملاً مذاب  $\text{Al}_2\text{O}_3$  در حین اکسیژن‌زدایی تولید می‌شوند و دوم وقتی کلسیم موجود در فولاد بقدری بالاست (برای یک مقدار اکسیژن کل، آلومینیم و گوگرد خاص) که آخال‌های  $\text{CaS}$  جامد تولید می‌شوند. هر دو حالت را می‌توان با بکاربردن شکل ۲ که بر پایه نتایج مدل حاصل شده است نشان داد. تأثیر کلسیم روی ترکیب آخال‌ها برای یک درجه حرارت خاص فولاد مورد بررسی قرار گرفته است.



شکل ۲. تنوع در ترکیب میکروآخال‌ها با مقدار کلسیم برای فولادی با ترکیب  $\text{Fe-0.24C-0.30Si-1.30Mn-0.015P-0.025S-0.040Al-0.004O}$  در دمای  $1590^\circ\text{C}$

<sup>2</sup>Lu

مقداری از کلسیم اضافه شده ممکن است با گوگرد ترکیب شده و تولید  $\text{CaS}$  کند. اگر منگنز در فولاد وجود داشته باشد  $\text{MnS}$  یا  $\text{(Ca-Mn)S}$  در درجه حرارت‌های پایین تراز آنچه برای تشکیل  $\text{CaS}$  مورد نیاز است، تشکیل می‌گردد. بنابراین می‌توان فرض کرد که دونوع از آخال‌ها یعنی آلومینات‌های کلسیم و سولفیدهای  $\text{Ca-Mn}$  تشکیل می‌شوند. رفتار ترمودینامیکی سیستم  $\text{Fe-Al-Ca-O-S}$  را می‌توان با معادلات زیر خلاصه کرد:

$$2[\text{Al}] + 3[\text{O}] = (\text{Al}_2\text{O}_3) \quad (1a)$$

$$\log K_1 = \log(a_{\text{Al}_2\text{O}_3}) - 2 \log(a_{\text{Al}}) - 3 \log(a_{\text{O}}) \quad (1b)$$

$$[\text{Ca}] + [\text{O}] = (\text{CaO}) \quad (2a)$$

$$\log K_2 = \log(a_{\text{CaO}}) - \log(a_{\text{Ca}}) - \log(a_{\text{O}}) \quad (2b)$$

$$[\text{Ca}] + [\text{S}] = (\text{CaS}) \quad (3a)$$

$$\log K_3 = \log(a_{\text{CaS}}) - \log(a_{\text{Ca}}) - \log(a_{\text{S}}) \quad (3b)$$

و همچنین برای واکنش  $\text{MnS}$  می‌توان نوشت:

$$[\text{Mn}] + [\text{S}] = (\text{MnS}) \quad (4a)$$

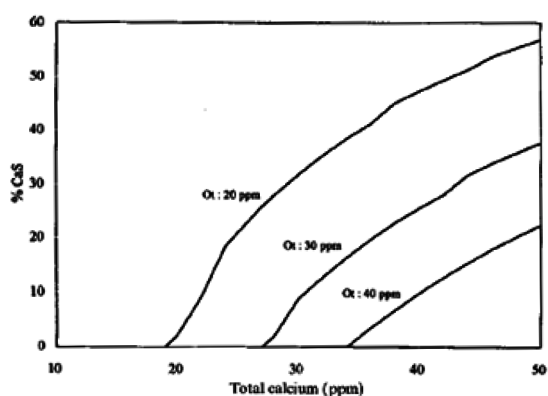
$$\log K_4 = \log(a_{\text{MnS}}) - \log(a_{\text{Mn}}) - \log(a_{\text{S}}) \quad (4b)$$

در اینجا  $k$  ثابت تعادل برای واکنش و  $a$  اکتیویته اجزاء واکنش است. اگر اکتیویته عناصر حل شده مشخص باشد، تعادل‌های (1b) تا (4b) را می‌توان بصورت گرافیکی ترسیم کرد و بنابراین می‌توان ترکیب آخال‌ها را پیش‌بینی نمود. اما تعیین مقادیر اکتیویته‌ها بعضی اوقات مشکل است چرا که غلظت عناصر حل شده با دقت مشخص نیست. بنابراین برای مدل، فرض می‌شود که ترکیب و درجه حرارت فولاد مشخص است و بدین ترتیب معادلات (1b) تا (4b) با یکدیگر با یک بالانس جرمی قابل حل هستند، البته با بکار بردن روش تکراری. یک برنامه کامپیوتری برای حل این محاسبات نوشته شده است. برنامه غلظت‌های عناصر حل شده را محاسبه کرده و نوع آخال‌های اکسیدی و سولفیدی که در درجه حرارت مشخص تشکیل می‌شوند را بیان می‌دارد. تغییر در ترکیب آخال‌ها با کاهش دما قابل بررسی است. نهایتاً کسر حجمی آخال را از این طریق می‌توان پیش‌بینی کرد. تأثیر درجه حرارت روی ثوابت تعادل را می‌توان از روابط ذکر شده در مراجع مختلف محاسبه کرد (جدول ۲).

جدول ۲. وابستگی ثابت تعادل به دما

Equation	Log K
1	$-20.54 + 62780/T$
2	$-7.65 + 25655/T$
3	$-5.90 + 19980/T$
4	$-5.19 + 9281/T$

تمام نمونه‌های آنالیز شده درصد بالایی از  $Al_2O_3$  را نشان می‌دهد و می‌توان مشاهده کرد که مقادیر اندازه‌گیری شده نزدیک به مقادیر پیشنهاد شده توسط مدل است. معمولاً فاز کریستالی عمده در این نمونه‌ها هگزآلومینات کلسیم است ( $CA_6$ )، که نسبت به آلومینا از نقطه نظر قابلیت ریخته‌گری مضرتر است. ساختار میکروسکوپی این نوع از رسوبات در شکل ۴ نشان داده شده است. انسداد نازل می‌تواند هنگامی که آخال‌های CaS جامد در فولاد وجود دارند ایجاد شود. تشکیل سولفید کلسیم تحت تأثیر ترکیب فولاد (گوگرد، کلسیم، آلومینیم و مقدار کل اکسیژن) و درجه حرارت قرار دارد. تأثیر دو مورد از این پارامترها، اکسیژن و کلسیم در شکل ۴ آمده است.



شکل ۴. تأثیر میزان اکسیژن و کلسیم کل بر تشکیل سولفید کلسیم برای فولادی با ترکیب: Fe-0.24C-0.30Si-1.30Mn-0.015P-0.025S-0.040Al در دمای  $1590^\circ C$

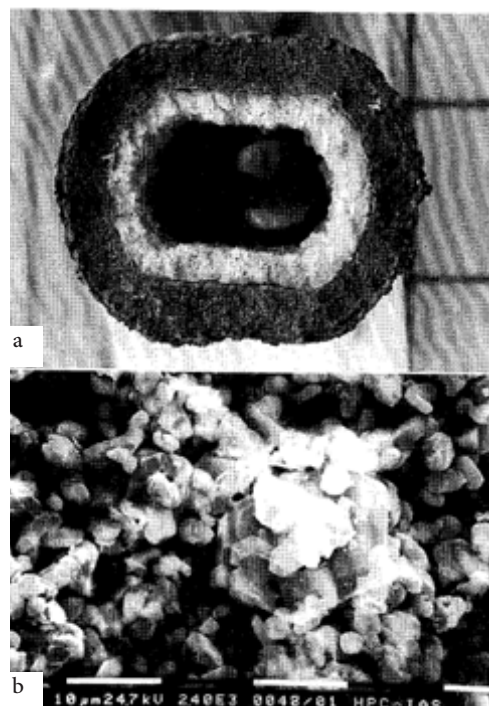
در جدول ۴ مقایسه‌ای بین ترکیب CaS مسدود کننده نازل تاندیش و مقدار پیش‌بینی توسط مدل صورت گرفته است. می‌توان مشاهده کرد که نتایج تطابق خوبی با هم دارند.

جدول ۴. بسته شدن نازل توسط سولفید کلسیم: آنالیز شیمیایی انجام شده و محاسبات مدل، برحسب درصد وزنی

Nozzle	Temperature, $^\circ C$	Chemical analysis	Model calculation
Tundish	1520	44% $Al_2O_3$ 14% CaO 42% CaS	35% $Al_2O_3$ 20% CaO 42% CaS

با فرض اینکه در حالت‌های بحث شده آنالیز شیمیایی رسوبات نازل ناشی از ترکیب آخال‌هاست، می‌توان نتیجه گرفت که پیش‌بینی‌های مدل در تطابق خوبی با مقادیر واقعی است. بنابراین به کاربرد این مدل می‌تواند برای جلوگیری از انسداد نازل مؤثر باشد.

می‌توان ملاحظه کرد که در یک مقدار کمتر کلسیم، آلومینات‌های کلسیمی که حاوی درصد بالایی از  $Al_2O_3$  هستند، بصورت جامد یا نیمه جامد تشکیل می‌شوند. هنگامی که کلسیم محتوا افزایش می‌یابد درصد CaO نیز افزایش می‌یابد و آلومینات‌ها مذاب می‌شوند. ولی وقتی میزان کلسیم به یک مقدار خاص (34 ppm) برسد رسوب کردن CaS جامد آغاز می‌شود. چندین حالت از بسته شدن نازل تاندیش یا پاتیل مطالعه شده است. یک نمونه خاص از انسداد را می‌توان در شکل ۳ مشاهده کرد.



شکل ۳. (a) بسته شدن نازل، (b) تصویر گرفته شده توسط میکروسکوپ الکترونی از هگزآلومینات کلسیم.

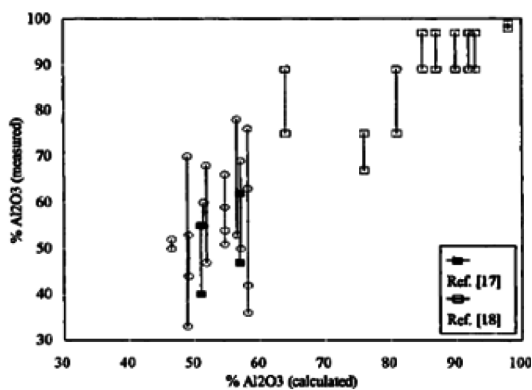
از ترکیبات نازل نمونه‌گیری به عمل آمد و آنالیز آن‌ها با ترکیبات میکروآخال‌های پیش‌بینی شده توسط مدل برای شرایط عملی مقایسه شده است. نتایج در جدول ۳ آمده است.

جدول ۳. مقایسه آنالیز نمونه‌ها و ترکیبات میکروآخال‌های پیش‌بینی شده توسط مدل

Nozzle	Temp., $^\circ C$	Measured $Al_2O_3$ , wt-%	Crystalline phases (XRD)	Calculated $Al_2O_3$ , wt-%
Ladle	1670	83	$CA_6$	87
Ladle	1660	91	$CA_6$	87
Tundish	1555	90	$CA_6$	91
Ladle	1595	78	$CA_2$	70
Tundish	1500	88	$CA_6$	70



شکل ۷ مقایسه‌ای بین ترکیبات آلومینات کلسیم اندازه‌گیری شده و مقادیر تخمین زده شده توسط مدل را نشان می‌دهد. دیگر نتایج موجود نیز به آن گراف اضافه شده است. مجدداً بطور متوسط تطابق قابل قبولی بین مقادیر اندازه‌گیری شده و محاسبه شده وجود دارد. مقایسه مشابه برای سولفید را نمی‌توان انجام داد زیرا غنی شدن بین دندریتی مذاب از گوگرد طی انجماد باید در نظر گرفته شود. برای این حالت باید تلفیقی از عملیات راسب شدن آخال‌ها به همراه جدایش میکروسکوپی مورد نظر، بررسی شود.



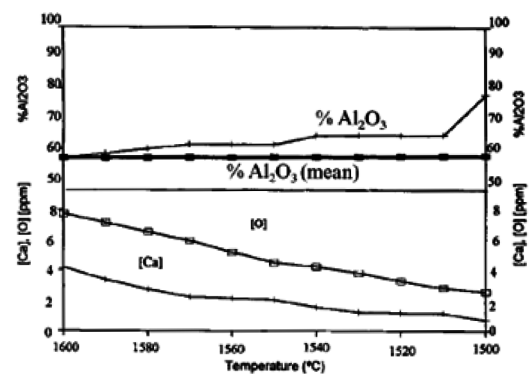
شکل ۷. مقایسه‌ای بین ترکیبات آلومینات کلسیم اندازه‌گیری شده و مقادیر تخمین زده شده توسط مدل.

### نتیجه‌گیری

مدلی برای پیش‌بینی نوع و مقدار سولفیدها، آلومینات‌ها و عناصر حل شده در فولاد کشته شده با آلومینیم که تحت عملیات کلسیم قرار گرفته است، ارائه گردید. پیش‌بینی‌های مدل با نتایج عملی تطابق خوبی را نشان می‌دهد.

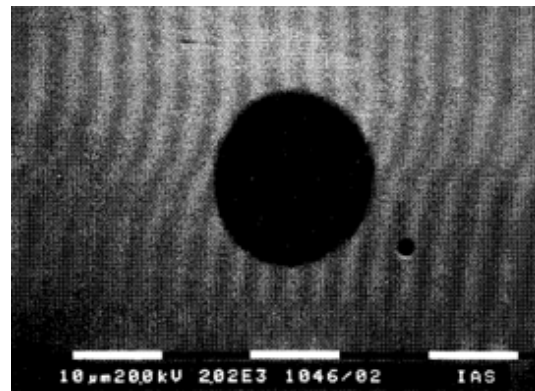
### ۲-۲- آخال‌ها در محصول نهایی

با کاهش درجه حرارت مذاب هنگام انتقال از پاتیل به ریخته‌گری دائم، ثوابت معادلات ۱-۴ تغییر کرده و ترکیبات آخال‌ها عوض می‌شود. برای یک ترکیب خاص فولاد، شکل ۵ نشان‌دهنده تغییر ترکیب آخال‌ها و غلظت عناصر حل شده به هنگام افت دما از ۱۶۰۰ به ۱۵۰۰ درجه سانتی‌گراد است. با وجود اینکه ترکیب آخال‌هایی که در طی سرد شدن ایجاد می‌شوند متغیر است، ترکیب متوسط آخال‌ها تقریباً ثابت باقی می‌ماند. این موضوع بدین علت است که کسر کوچکی از آخال‌ها در طی این مدت راسب می‌شوند.



شکل ۵. تأثیر دما بر روی ترکیب آخال و عناصر حل شده برای فولاد با ترکیب: Fe-0.24C-0.30Si-1.30Mn-0.015P-0.025S-0.040Al-0.004O

همانطور که در بالا بحث شد، نوع آخال‌ها نه تنها بر عملیات ریخته‌گری مؤثر است، بلکه تعیین‌کننده محصول نهایی است. برطبق مطالعات انجام شده بر روی تصاویر آخال‌ها توسط میکروسکوپ‌های الکترونی و نوری و بررسی ترکیب آخال‌ها با استفاده از EDAX، آلومینات‌های کلسیم عمدتاً کروی بدست آمدند (شکل ۶) و ترکیب آن‌ها نیز در دامنه‌ی  $C_{12}A_7-CA$  تغییر می‌کند.



شکل ۶. تصویر آخال آلومینات کلسیم کروی ( میکروسکوپ الکترونی).

# ترک‌های سطحی در ریخته‌گری پیوسته فولاد - نقش دانه‌های غیرعادی بزرگ آستنیت اولیه<sup>۱</sup>

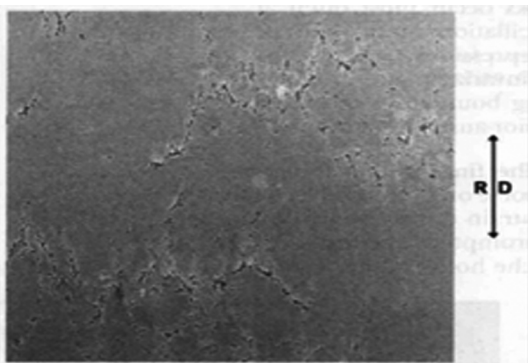
ترجمه: محمدحسین نشاطی

شرکت فولاد آلیاژی ایران



شکل ۲- ترک‌های موضعی و تعدادی ترک عرضی بر روی منطقه گوشه بالایی یک بلوم فولاد ۱۰۱۸، اچ شده در HCl گرم.

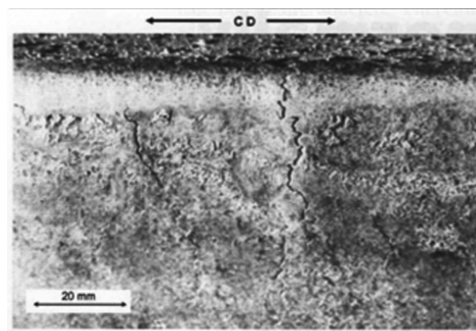
ترکیب ریزترک و ترک عرضی می‌تواند منجر به درزهای به هم پیوسته<sup>۵</sup> نامنظم سطحی بر روی محصول نورد گرم شده گردد. نمونه‌ای از این درزهای به هم پیوسته بر روی صفحه ضخیم در شکل ۳ نشان داده شده است.



شکل ۳- نواقص سطحی نامنظم بر روی صفحه ضخیم نورد گرم شده به دلیل ترک‌های عرضی و ریزترک‌ها بر روی اسلب در حالت ریخته‌گری شده، اچ نشده.

گرچه محصولات نیمه تمام سرد شده تادمای اتاق را می‌توان مورد بازرسی قرار داده و آماده سازی کرد، بدیهی است ضرورت حذف ترک‌های سطحی از هر نوع که باشد هزینه‌ای نامطلوب دارد.

ترک‌های عرضی بر روی سطح محصولات نیمه تمام پیوسته قبل از نوردکاری اغلب سبب نواقصی بر روی محصول نوردی می‌گردند. چنین ترک‌هایی می‌توانند بر روی همه انواع محصولات ریخته‌گری پیوسته: بیلته‌ها، بلوم‌ها، اسلب‌ها، مقاطع گرد و تیرهای خام ایجاد شوند. محدوده ترک‌های عرضی از نظر شدت از موارد کوتاه، نازک و مشکل برای تشخیص بر روی سطحی با پوسته اکسیدی، تا موارد طولیل، ضخیم و با آسانی قابل تشخیص می‌باشند. یک نوع متداول ترک عرضی ریز که بر روی سطح پهن اسلب پس از رویه برداری سرد با ماشین‌کاری پیدا می‌شود در شکل ۱ نشان داده شده است. گرچه نه به عنوان یک قاعده، ترک‌های عرضی اغلب مجاورت گوشه‌های محصول ریخته‌گری شده رخ می‌دهند.



شکل ۱- ترک‌های عرضی بر روی سطح بالایی یک اسلب

ریز ترک، که بر روی سطحی با پوسته اکسیدی قابل مشاهده نیست یک مشکل ظریف‌تر سطح در حالت ریخته‌گری شده است و اغلب با ترک عرضی همراه است. ریزترک‌ها پس از اچ کردن عمیق نمونه سطح ریخته‌گری شده در اسید هیدروکلریک مشهودتر می‌شوند. با اچ کردن با اسید، مشکل به صورت شبکه‌ای نامنظم از ترک‌های ریز بین دانه‌ای ظاهر می‌شود که به اسامی مختلفی<sup>۲</sup> نامیده شده‌اند. اما، از این نقطه به بعد در این مقاله در هنگام رجوع به آن از عبارت ریزترک<sup>۳</sup> استفاده می‌شود. سایر روش‌های مورد استفاده برای آشکار کردن ریزترک شامل آزمایش نفوذ مایعات رنگی، مگنافاکس و رویه برداری سبک یا سنگ زنی می‌باشند. ریزترک ممکن است گسترده یا موضعی باشد. ریزترک موضعی اغلب در پایه اثرات نوسان<sup>۴</sup> یا در سایر فرورفتگی‌های سطحی یافت می‌شود. ریزترک گسترده، همراه با تعدادی از ترک‌های ریز عرضی، در شکل ۲ نشان داده شده است.

۱. این متن ترجمه کاملی از مقاله ی زیر است :

Rian Dippenaar, Suk-Chun Moon, Edward S. Szekeres, Strand Surface Cracks the Role of Abnormally Large Prior-austenite Grains, Iron & Steel Technology, July 2007.

۲. از اسامی مختلفی برای این نوع ترک خوردگی استفاده می‌شود شامل: ریز ترک (craze cracking)، ترک شبکه ای (network cracking)، ترک مویی (hairline cracking)، ترک ریشه ای (shatter cracking)، ترک گرم شکنندگی (hot-shortness cracking)، ترک‌دگی (checking) و ترک تار عنکبوتی (spider-web cracking).

۳Crazing

۴Oscillation Mark (OM)

۵Seams



علاوه بر این، هنگامی که ریخته‌گری پیوسته همراه با نورد گرم متعاقب آن باشد (مثلاً شارژ گرم یا نورد گرم مستقیم)، از بازرسی و یا آماده‌سازی نیز صرف نظر می‌شود. بنابراین حذف ترک عرضی و ریزترک از روی سطوح شاخه بایستی مسیری طولانی به سوی بهبود سودآوری ماشین ریخته‌گری پیوسته را طی کند.

### بررسی ترک سطحی

**ترک عرضی** - مطالعات زیادی در مورد ترک عرضی در مطالب منتشره گزارش شده است. از این گزارش‌ها به نظر می‌رسد چند ویژگی تقریباً مشکل کلی باشد، یعنی:

- تمایل بیشتری به ترک خوردن در فولادهای میکروآلیاژی، مثلاً فولادهای پر استحکام کم آلیاژی (HSLA) حاوی V، Nb و Al وجود دارد.

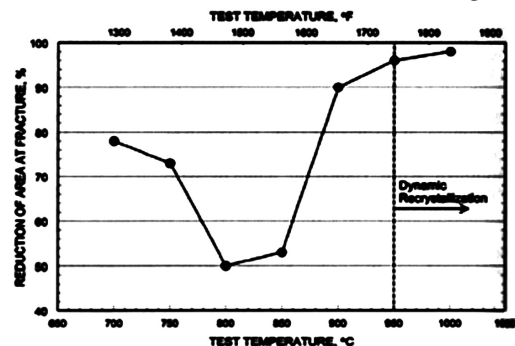
- ترک‌ها معمولاً در سطح بالای شاخه (شعاع داخلی)، وجهی که تنش را در طی صافکاری تحمل می‌کند (در مورد شاخه‌های دارای قوس) شدیدتر هستند.

- ترک‌های عرضی اغلب در پایه اثرات نوسان و یا سایر فرو رفتگی‌های سطحی ایجاد می‌شوند.

- ترک‌ها به صورت ثابتی بین دانه‌ای هستند و در امتداد مرز دانه‌های غیرعادی بزرگ آستنیت اولیه به پیش می‌روند.

**نرمی گرم** - تعداد زیادی از تحقیقات آزمایشگاهی به مطالعه نرمی گرم فولادها در محدوده دمایی  $1100^{\circ}\text{C}$  -  $600^{\circ}\text{C}$  پرداخته‌اند.

این آزمایش‌ها معمولاً بر روی نمونه‌های استوانه‌ای که به صورت مناسبی و با استفاده از تجهیزاتی همچون دستگاه گیلیبل<sup>۲</sup> گرم شده‌اند انجام می‌گیرند. اکثر فولادها در سرعت‌های کرنش مشابه با مورد ماشین ریخته‌گری پیوسته «گودی» یا «چاله» نرمی با حداقل نرمی در فاصله بین  $750^{\circ}\text{C}$  و  $850^{\circ}\text{C}$  را نشان می‌دهند (شکل ۴).



شکل ۴ - منحنی نوعی نرمی گرم برای فولاد C-Mn-Al. حساس‌سازی شده در  $1300^{\circ}\text{C}$ ، سرد شده تا دمای آزمایش، تحت کشش با سرعت  $3 \times 10^{-2}/\text{s}$

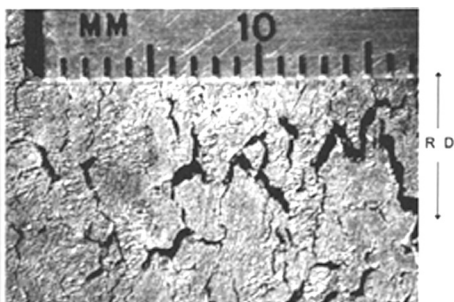
به طور کلی، دمایی که در آن حداقل نرمی اتفاق می‌افتد با دمایی که در آن فریت ضعیف‌تر شروع به تشکیل بر روی مرز دانه‌های آستنیت می‌کند منطبق است. اما مشخص شده است که عناصر معینی، به ویژه V و Nb، S، Al، N می‌توانند حداقل نرمی را کمتر کرده و یا ضعف را به دماهای بالاتری منتقل کنند. این موضوع پیشنهاد می‌کند که افت نرمی می‌تواند توسط تشکیل رسوب‌ها بر روی مرز دانه‌های آستنیت قبل از تشکیل فریت بدتر شود.

به علت چاله نرمی، ماشین‌های ریخته‌گری پیوسته معمولاً طبق یکی از دو سناریوی دمای سطحی شاخه کار می‌کنند. با «رویگرد دمای بالاتر» دمای سطح در صاف‌کننده بالاتر از دمای چاله نرمی، به طور کلی بالای  $900^{\circ}\text{C}$  حفظ می‌شود. با «رویگرد دمای پایین‌تر» هدف حفظ دمای سطح در زیر چاله نرمی، مثلاً زیر  $650^{\circ}\text{C}$  است. در هر دو مورد، از دماهای درون محدوده چاله نرمی اجتناب می‌شود. چند موفقیت در کاهش دادن ترک عرضی با هر دو برنامه گزارش شده‌اند. اما، معمولاً رساندن دمای سطح در صاف‌کننده به زیر چاله نرمی با شاخه دارای مغز مایع در آن منطقه غیرعملی است. بنابراین، ماشین‌های ریخته‌گری پیوسته جدیدتر تمایل به حفظ دمای سطح شاخه در صاف‌کننده در دمایی بالاتر از چاله نرمی توسط ریخته‌گری سریع‌تر و حداقل کردن آب پاششی سرد کننده ثانویه دارند. در مطالعات اخیر صنعتی، Tsai و همکاران پی بردند که یک گرید پرینکتیک HSLA حاوی Nb دارای درصد بالاتری از ترک‌های عرضی در گوشه می‌باشد. آنها با ترکیبی از (۱) ریخته‌گری «داغ» یعنی سرعت‌های بالاتر و آب سرد کننده ثانویه کمتر، (۲) حفظ یکناختی دمای سطح شاخه، مثلاً اجتناب از گوشه‌های «سرد» و (۳) حفظ S، N، Al، Cu در مقادیر کمتر به کاهش ترک رسیدند.

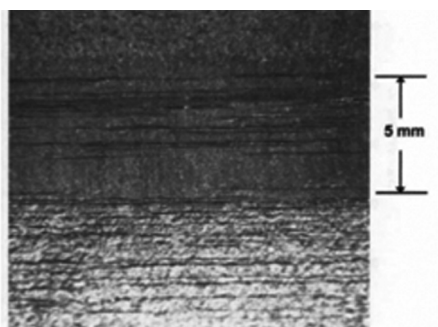
اصولاً به علت اینکه آزمایش کشش نرمی گرم منطقه افت نرمی را مشخص می‌کند، یک ابزار آزمایشگاهی متداول باقی می‌ماند. اما برخی از مؤلفین به صورت درستی هشدار داده‌اند که نمونه‌های آزمایشگاهی کشیده شده تا شکست با کاهش سطح مقطع ۵ - ۱۰٪ سابقه کرنشی خیلی متفاوتی از موارد حادث در سطح شاخه در طی صاف کاری دارند. یک پیچیدگی اصلی با نمونه‌های آزمایشگاهی کشیده شده تا شکست تبلور مجدد

<sup>1</sup>Ductility

<sup>2</sup>Gleeble Machine

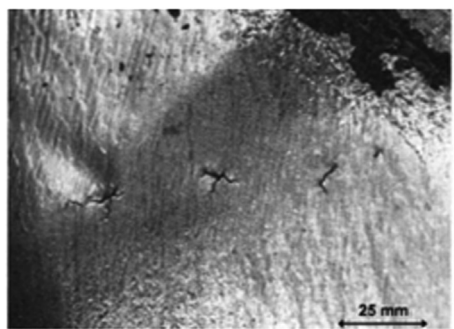


شکل ۵ - ریزترک‌ها بر روی سطح بالایی یک اسلب پس از حدود ۱۰٪ کاهش سطح مقطع در اولین پاس نورد اولیه، اچ شده در HCl گرم. با تداوم نوردکاری، این ترک‌های طولی سطحی کشیده می‌شوند و به صورت نواقص غیرقابل پذیرش، نامنظم، با شکل پیکان بر روی سطح محصول تخت نورد گرم شده، همچون مورد نشان داده شده در شکل ۳ در می‌آیند. ریزترک‌ها بر روی بیلت‌ها در حالت ریخته‌گری شده می‌توانند به صورت درزهای به هم پیوسته موازی بر روی میله محصول تبدیل شوند (شکل ۶).



شکل ۶ - سطح میله کشش سرد شده با قطر ۳۲ mm از فولاد ۱۰۱۸ که نشان دهنده درزهای به هم پیوسته ناشی از ریزترک‌ها بر روی بیلت ریخته‌گری شده است، اچ شده در HCl گرم.

**ترک‌های ستاره‌ای و نفوذ<sup>۱</sup> مس** - ترک ستاره‌ای یک شکل خیلی موضعی (متمرکز) ریزترک است (شکل ۷).



شکل ۷ - ترک‌های ستاره‌ای بر روی سطح اسلب فولاد خط لوله، به صورتی که با رویه‌برداری کم آشکار شده است. اچ نشده.

<sup>1</sup>Infiltration

دینامیک آستنیت است که ذاتاً در دماهای بالای حدود ۹۵۰ °C رخ می‌دهند. در ماشین‌های ریخته‌گری پیوسته صنعتی، تبلور مجدد دینامیک خیلی نامحتمل است به دلیل اینکه حداکثر کرنش سطحی در طی صافکاری شاخه نوعاً حدود ۱٪ یا کمتر است (گرچه کرنش سطحی در محدوده ۱/۷٪ - ۱ در برخی از طرح‌های ماشین ریخته‌گری پیوسته اتفاق می‌افتد).

برای انجام آزمایش‌های نرمی گرم آزمایشگاهی مرتبط با صنعت، گاهی اوقات طول سنجه نمونه آزمایش نرمی گرم در همان محل ذوب و مجدداً منجمد می‌شود. این فن امکان آزمایش آستنیت «اولیه» را می‌دهد و اجتناب می‌کند از این واقعیت که گرم کردن مجدد یک نمونه آزمایش از دمای محیط در واقع فولاد جامد را در پوسته جامد شده شاخه در حال ریخته‌گری، که هیچ‌گاه به طور کامل به فریت آلفا تغییر فاز نداده است شبیه‌سازی نمی‌کند. اما حتی با این اصلاحات آزمایش نرمی گرم یک شناخت کامل از مشکل ترک عرضی تأمین نکرده است. موارد صنعتی وجود داشته است که در آنها یک دمای سطح شاخه «خوب» در صاف‌کننده ترک‌هایی را ایجاد کرد، در حالیکه یک دمای «بد» هیچ ترکی را ایجاد نکرد. علاوه بر این، می‌توان پرسید، «اگر ترک‌های عرضی فقط به وسیله افت نرمی ایجاد می‌شوند، چرا ترک‌ها در پایه اثرات نوسان یا فرورفتگی‌های مشابه با آنها رخ می‌دهند؟ آیا این دمای سطح است که در یک فاصله کوتاه از پایه اثر نوسان خیلی متفاوت است؟ و چرا، در دمای مشابه، بعضی از اثرات نوسان و یا فرورفتگی‌ها دارای ترک هستند و سایرین ندارند؟» بدیهی است، شرایطی به غیر از افت نرمی به تنهایی در مکانیزم ترک عرضی دخالت دارند.

**ریزترک** - ریزترک، همان‌طور که در شکل ۲ نشان داده شده است، تقویت اسیدی ریزترک‌های ظریف آن‌ها در مرزخانه‌های غیرعادی بزرگ آستنیت اولیه به پیش برده است. متالوگرافی، نمونه‌های اچ نشده از ریزترک‌ها نشان داده‌اند که عمق ریزترک‌ها معمولاً ۱-۲ mm می‌باشد. اما در بعضی جاها، ترک‌ها ممکن است به فراتر از ۶ mm هم بسط یابند. گرچه ریزترک‌های کم عمق می‌توانند توسط ایجاد پوسته اکسیدی در سطح در کوره گرم کردن مجدد حذف شوند، ترک‌های عمیق‌تر حذف نمی‌شوند و می‌توانند سبب ترک طولی سطحی در نخستین کالیبر نورد اولیه گردند (شکل ۵).

اما، تقریباً در تمام موارد، مس را می‌توان در ریزترک‌ها یافت. اغلب منشاء مس نفوذ کرده از شاخه‌ای با آستر قالب خراشیده شده یا تعداد دیگری از اجزاء قالب<sup>۱</sup> ماشین ریخته‌گری پیوسته حاوی مس، همچون صفحه خروجی قالب است. جلوگیری از تماس سطح گرم شاخه با مس، مثلاً استفاده از آسترهای قالب آب کروم داده شده و یا آب نیکل داده شده، به مقدار قابل توجهی وقوع ترک ستاره‌ای را کاهش می‌دهد. اما با افزایش تناژ تولیدی، بالاخره آستر آبکاری شده نیز فرسوده می‌شود، به خصوص در پایین قالب و در گوشه‌ها و قابلیت برگشت تماس شاخه با مس به وجود می‌آید.

ریزترک‌های با توزیع گسترده نیز می‌توانند در اثر فاز غنی از مس به وجود بیایند. اما منبع به طور کلی رسوب زنجیره‌های<sup>۲</sup> مس در پوسته سطحی است و ماهیت پوسته به مقدار زیادی بر مشکل تأثیر می‌گذارد. موضوع رسوب کردن مس در پوسته در جای دیگری ارائه شده است و نیازی به تکرار آن در اینجا نیست. کافی است گفته شود هنگام هر گونه تماس مس مذاب با سطح شاخه در مراحل اولیه تشکیل پوسته جامد، در دماهای سطحی بالای ۱۰۵۰ °C، تمایل برای نفوذ مس به مرزدانه‌های غیرعادی بزرگ وجود دارد.

### تأثیر اندازه دانه آستنیت اولیه بر ترک خوردن و

**ریزترک** - یک مشخصه عمومی برای ترک عرضی، ریزترک و ترک ستاره‌ای آن است که در همه موارد ترک‌ها مرزدانه‌های غیرعادی بزرگ آستنیت اولیه را دنبال می‌کنند. در سال ۱۹۷۴، Schmidt و Josefsson شاهدهی نشان دادند که ترک‌های عرضی فقط در حضور دانه‌های غیرعادی بزرگ آستنیت اولیه به وجود می‌آیند. سایرین ادعای مشابهی را مطرح کرده‌اند. مورد جدیدتر، Alvarez و همکاران، در بررسی ترک‌های عرضی گوشه‌ای در بیل‌ها، دریافتند که ترک‌ها فقط در مناطق سطحی دارای دانه‌های غیرعادی بزرگ آستنیت اولیه، که دارای لایه‌ای از فریت انباشته (بلوکی<sup>۳</sup>) در امتداد مرزدانه‌ها باشند ایجاد می‌شوند. در مناطق بدون ترک، اندازه دانه عادی بود و فریت ریز و به صورت یکنواخت در دانه‌ها توزیع شده بود. به طور مشابه Tsai و همکاران پی بردند که ترک‌های عرضی ریزلایه فریت نرم را که دانه‌های آستنیت اولیه با قطر حدود ۱ mm را احاطه کرده‌اند دنبال می‌کنند.

گرچه مدت زیادی است که همراه بودن ترک‌های عرضی

و دانه‌های درشت مورد توجه قرار گرفته است، به قدر کافی تأکید نشده است که شرط دانه غیرعادی بزرگ عامل اصلی است و پیش‌نیاز لازم برای ترک عرضی، همچنین برای ریزترک و ترک ستاره‌ای می‌باشد. بدون چنین دانه‌های درشتی، ریزترک‌ها و یا ترک‌های عرضی به چنان وسعتی که ایجاد می‌شوند تشکیل نخواهند شد و سایر عوامل ریخته‌گری همچون دمای سطح در صاف کننده شاخه، خیلی کمتر بحرانی می‌باشند. دانه‌های غیرعادی بزرگ آستنیت اولیه در سطح محصول در حالت ریخته‌گری شده فقط به «دانه‌های متورم»<sup>۴</sup> نسبت داده می‌شود. برای کمی کردن عبارت، در اینجا دانه متورم به صورت دانه آستنیت اولیه با قطر حدود ۱ mm یا بزرگتر در هنگامی که بر روی صفحه سطح ریخته‌گری شده یا بر روی صفحه‌ای عمود بر سطح ریخته‌گری شده اندازه‌گیری شود تعریف می‌گردد. یک مرحله بزرگ به سمت کاهش ترک عرضی، ریزترک و ترک ستاره‌ای می‌تواند با شناخت بهتر پدیده دانه متورم انجام شود.

یک پرسش واضح ایجاد می‌شود: چه چیز باعث دانه‌های متورم بر روی سطح ریخته‌گری شده می‌شود؟ پاسخ کامل به این پرسش هنوز بایستی پیدا شود. استدلال شده است که دانه‌های آستنیت تمایل به رشد در پایه اثرات نوسان قالب و در پایه فرورفتگی‌های سطحی عمیق تر ناشی از تغییرات سطح قالب و یا اغتشاش دارند، به دلیل فقدان تماس موضعی بین پوسته شاخه و دیواره قالب، که یک «منطقه داغ» ایجاد می‌کند. در حمایت از این استدلال، حداقل کردن عمق آثار نوسان (OM) در برخی موارد به کاهش ترک کمک می‌کند. اما، استدلال «منطقه داغ» این حقیقت را که نه تمامی فرورفتگی‌های سطح شاخه دارای دانه‌های متورم هستند و نه تمام مناطق سطح صاف (تخت) عاری از دانه‌های متورم هستند توضیح نمی‌دهد. همچنین معلوم شده است که دانه‌های متورم پس از انجماد کامل سطح ایجاد می‌شوند. شاهد متالوگرافیکی این واقعیت اخیراً توسط Tsai و همکاران نشان داده شده است. ترک‌ها در امتداد مرزدانه‌های متورم از نوع بین دندریتی نبودند. به جای آن ترک‌ها و همچنین مرزدانه‌های متورم، فضای بین بازوهای دندریت موجود از قبل را قطع می‌کنند.

<sup>1</sup>Mold-exit grid

<sup>2</sup>Beads

<sup>3</sup>Blocky ferrite

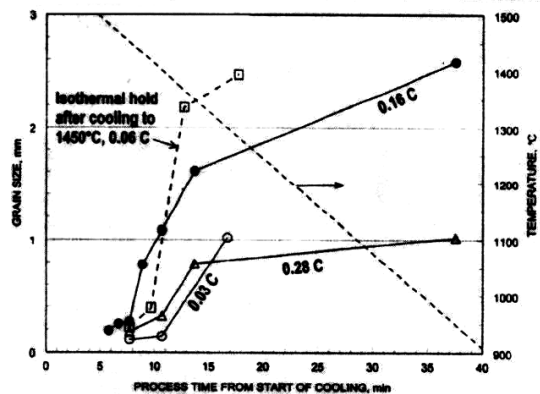
<sup>4</sup>Blown grains

## بررسی‌های آزمایشگاهی

مشخص شده است که نرمی گرم فولاد با افزایش اندازه دانه کاهش می‌یابد. اما اکثر تحقیقات قبلی نرمی گرم نمونه‌هایی را که مشخص شده در نزدیکی اندازه دانه‌های غیرعادی بزرگ آستنیت اولیه با شکل‌های مختلفی از ترک‌های سطحی شاخه همراه هستند آزمایش نکرده‌اند. بنابراین یک بررسی آزمایشگاهی برای تعیین اثر دانه‌های متورم بر نرمی گرم انجام شد. برای تفکیک نقش اندازه دانه آستنیت به تنهایی، نمونه‌های نرمی گرم از فولادهای کربنی ساده تهیه شدند. هدف اجتناب از برخورد با عواملی همچون حضور ناخالصی‌های با نقطه ذوب پایین، مثلاً سولفیدهای آهن و یا رسوب مرزدانه‌ای کربونیت‌ریدها بود، که تأثیر آن‌ها بر روابط اندازه دانه و نرمی گرم در فولادهای میکرو آلیاژی واضح است.

**مواد و کار تجربی** - ترکیب شیمیایی سه آلیاژ Fe-C که برای این بررسی آماده شدند در جدول ۱ نشان داده شده است. فولاد B با ترکیب شیمیایی تقریباً پریتکتیک تولید شد. ذوب‌ها در یک کوره القائی خلاء با کربن به عنوان تنها عنصر آلیاژی که به طور عمدی افزوده شده تهیه شدند. آلومینیم به عنوان اکسیژن زدا اضافه شد. تلاش برای پایین نگه داشتن میزان عناصر ناخواسته<sup>۲</sup> و ناخالصی‌ها در سطح کم انجام شد. اما ورود مقدار کمی نیتروژن (۱۵-۱۶ ppm) اجتناب ناپذیر است (به دلیل اینکه ممکن است مقداری از رسوبات در مرزدانه‌ها در طی آزمایش تشکیل شوند، وجوه تعدادی از نمونه‌ها پس از سرد کردن در نیتروژن مایع شکسته شده و مورد بررسی قرار گرفتند). تقریباً ۳۷ kg از هر ذوب به صورت شمش با ابعاد حدود ۱۷۰×۱۷۰×۲۸۰ mm ریخته‌گری شد. شمش‌های منجمد شده تا ۱۲۰۰ °C باز گرمایش شده و سپس در دستگاه نورد مقیاس آزمایشگاهی تا صفحه‌هایی با ضخامت ۱۵ mm نورد گرم شدند. نمونه‌های استوانه‌ای دستگاه آزمایش گلیبل، با قطر ۱۰ mm و طول ۱۱۵ mm، از صفحه‌ها ماشین‌کاری شدند. محور نمونه‌ها به موازات جهت نورد حفظ شدند. آزمایش‌های کشش نرمی گرم با استفاده از شیشه‌ساز ترمومکانیکی دستگاه گلیبل مدل ۳۵۰۰ انجام شدند و آزمایش‌ها در خلاء تقریباً ۱۰<sup>-۳</sup> اتمسفر صورت گرفتند. نرمی توسط روش کاهش سطح مقطع (RA) اندازه‌گیری شد.

**دو برابر کردن دانه‌های متورم** - برای بررسی اینکه چقدر سریع دانه‌ها در آستنیت اولیه رشد می‌کنند، Maehara و همکاران نمونه‌های استوانه‌ای را از ذوب‌های نورد شده آزمایشگاهی با مقادیر مختلف کربن ماشین‌کاری کردند. برای آزمایش، طول سنج<sup>۱</sup> نمونه‌ها در محل خود ذوب مجدد شده و به طور پیوسته از دمای ۱۵۸۰ °C با سرعت ثابت ۱۶/۸ °C/min سرد شدند. نتایج نشان دادند که اندازه دانه آستنیت در محدوده دمایی ۱۳۵۰-۱۴۵۰ °C بسیار سریع افزایش می‌یابد (شکل ۸).



شکل ۸- سرعت رشد اندازه دانه‌های آستنیت ۱۳۵۰-۱۴۵۰ °C

علاوه بر این در فولاد نزدیک به پریتکتیک با ۰/۱۶ C، دانه‌ها زودتر شروع به رشد کردند و به اندازه نسبتاً بزرگ تری رسیدند. به دلیل اینکه دمای سطح اکثر شاخه‌ها در هنگام خروج از قالب زیر ۱۳۰۰ °C می‌باشد، نتایج پیشنهاد می‌کنند که دانه‌های متورم باید در حالیکه منطقه سطحی هنوز در قالب قرار دارد ایجاد شوند. نتایج همچنین پیشنهاد می‌کنند که ۱۳۰۰ °C، که اغلب برای «حساس سازی» (عملیات محلولی) نمونه‌های نرمی گرم آزمایشگاهی مورد استفاده قرار می‌گیرد، احتمالاً به قدر کافی گرم نیست تا دانه‌های بسیار بزرگ آستنیت را که پیش نیاز ترک خوردن در ریخته‌گری صنعتی هستند ایجاد کند. قطر دانه‌های متورم همراه با ترک‌ها بر روی سطوح شاخه به صورت تقریبی یک مرتبه بزرگتر از قطر دانه‌هایی است که به طور عادی در نمونه‌های آزمایش نرمی گرم عملیات محلولی گزارش می‌شوند. با وجود این، محققین زیادی به آزمایش با نمونه‌هایی با اندازه دانه آستنیت اولیه خیلی کوچکتر از اندازه‌هایی که مشخص شده است همراه با مشکلات ترک خوردن سطحی ذکر شده قبلی می‌باشند ادامه می‌دهند. مشاهده این که چگونه آزمایش نمونه‌هایی که فاقد دانه‌های متورم هستند داده‌های بسیار معنی‌دار را برای مشکلات ترک خوردن سطحی در صنعت تأمین می‌کنند دشوار است.

<sup>1</sup>Gauge length

<sup>2</sup>Sensitize

<sup>3</sup>Tramp elements



جدول ۱- ترکیب شیمیایی فولادهای کربنی ساده بررسی شده (درصد وزنی)

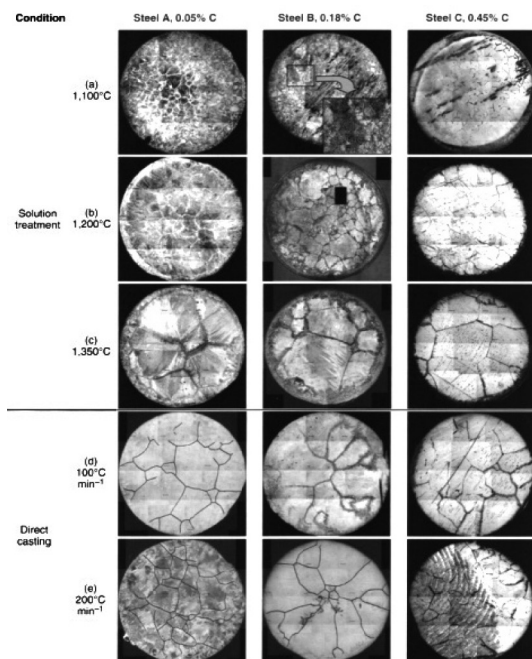
Steel ID	C	Mn	P	S	Si	Ni, Cr, Mo, Cu, Sn	Ti, V	Nb	Al <sub>tot</sub>	N
A	0.05	<0.01	0.002	0.002	<0.005	<0.002	<0.003	<0.001	0.016	0.0015
B	0.18	<0.01	0.002	0.002	<0.005	<0.002	<0.003	<0.001	0.034	0.0016
C	0.45	<0.01	0.002	0.002	<0.005	<0.002	<0.003	<0.001	0.025	0.0016

برای اجتناب از تشکیل حفره‌های انقباضی یک تغییر شکل فشاری ۷ درصد در طی انجماد بر نمونه اعمال شد. برای تعیین اثر سرعت سردکنندگی بر نرمی گرم، از دو سرعت سرد کردن مختلف استفاده شد:  $1000^{\circ}\text{C}/\text{min}$  برای شبیه‌سازی ریخته‌گری معمولی و  $200^{\circ}\text{C}/\text{min}$  برای شبیه‌سازی ریخته‌گری پیوسته اسلب نازک.

**ارزیابی اندازه دانه** - اندازه دانه آستنیت اولیه به صورت متالوگرافی بر روی نمونه‌هایی که تا پیش از شکست کشیده شدند تعیین گردید. این مشخصات مشمول عملیات بالا (بدون اعمال فشار) بودند، اما پس از سرد کردن تا یک دما در منطقه دو فاز ( $700-830^{\circ}\text{C}$  بسته به کربن محتوی) در آب کوئنچ شدند، که این به فریت امکان مشخص کردن مرزدانه‌های آستنیت را داد.

### نتایج و بحث

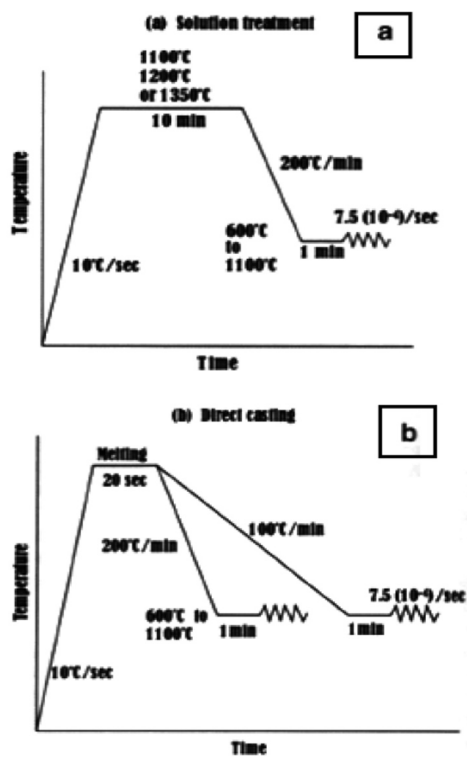
**رشد دانه آستنیت** - ظاهر دانه‌های آستنیت اولیه در سطح مقطع نمونه‌های گلیبل عملیات حرارتی شده سه فولاد در شکل ۱۰ نشان داده شده است.



شکل ۱۰- ظاهر دانه‌های آستنیت اولیه در سطح مقطع نمونه‌های گلیبل با قطر ۱۰ mm. دماهای عملیات محلولی (a)  $1100^{\circ}\text{C}$ ، (b)  $1200^{\circ}\text{C}$  و (c)  $1350^{\circ}\text{C}$ . سرعت سردکردن تحت شرایط ریخته‌گری مستقیم: (d)  $100^{\circ}\text{C}/\text{min}$  و (e)  $200^{\circ}\text{C}/\text{min}$  درجه سانتیگراد بر دقیقه. مقاطع اچ شده در نابال یا محلول‌های بر اساس اسید پیکریک. برای وضوح، مرزدانه‌ها در تصاویر (d) و (e) از فولاد A و تصویر (e) از فولاد B روتوش شده‌اند.

**عملیات محلولی** - چرخه عملیات برای نمونه‌های عملیات محلولی در شکل a نشان داده شده است. هر نمونه با سرعت  $10^{\circ}\text{C}/\text{s}$  تا دمای حل کردن گرم شد و برای ۱۰ دقیقه نگهداری گردید. برای تغییر دادن اندازه دانه، سه دمای مختلف حل کردن مورد استفاده قرار گرفت:  $1100^{\circ}\text{C}$ ،  $1200^{\circ}\text{C}$  و  $1350^{\circ}\text{C}$ . همچنین نمونه‌های اضافی فولاد B در  $1280^{\circ}\text{C}$  تحت عملیات قرار گرفتند. پس از عملیات محلولی، هر نمونه با سرعت  $200^{\circ}\text{C}/\text{min}$  تا دمای آزمایش بین  $1100^{\circ}\text{C}$  و  $600^{\circ}\text{C}$  سرد شد. پس از نگهداری به مدت یک دقیقه در دمای آزمایش، هر نمونه با نرخ کرنش  $7.5 \times 10^{-4}/\text{s}$ ، مشابه نرخ به دست آمده در ریخته‌گری صنعتی تا نقطه شکست کشیده شد.

**ذوب در محل** - برای شبیه‌سازی شرایط ریخته‌گری شده، چند نمونه گلیبل در محل خود ذوب شدند (ریخته‌گری مستقیم) و سپس تا دمای آزمایش سرد شدند (شکل b۹).

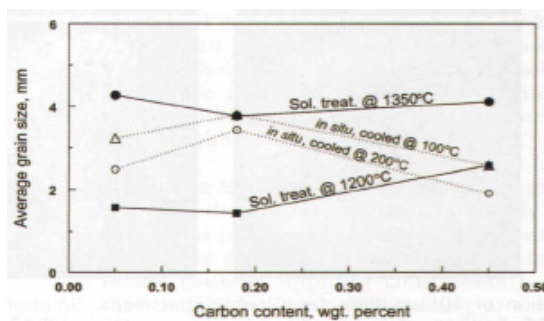


شکل ۹- طرح شماتیک چرخه ترمومکانیکی آزمایش‌های نرمی گرم (a) عملیات محلولی، (b) ریخته‌گری مستقیم (ذوب در محل خود).

از فروپاشیدن منطقه مذاب در طی ذوب کردن توسط استفاده از لوله کوارتز حول قسمت میانی نمونه جلوگیری شد. همچنین



بالا صرف می‌شود؛ از این رو دانه درشت‌تر است. فولاد A دارای اندازه دانه بزرگتر از فولاد C است، که ممکن است ناشی از دانه‌های فریت دلتا باشد که با کندی کمتری در فاز تکی فریت دلتا در سرد کردن پس از انجماد رشد می‌کنند. استدلالی وجود دارد که اندازه دانه آستنیت اولیه به میزان زیادی از اندازه دانه فریت دلتا متأثر می‌شود. یک مقایسه از میانگین اندازه دانه بر حسب کربن محتوی برای نمونه‌های ریخته‌گری مستقیم و نمونه‌های عملیات محلولی در ۱۲۰۰ و ۱۳۵۰ °C در شکل ۱۲ نشان داده شده است.



شکل ۱۲- اندازه دانه متوسط بر حسب C٪ برای نمونه‌های ریخته‌گری مستقیم و عملیات محلولی شده.

در نمونه‌های ریخته‌گری مستقیم، بزرگ‌ترین دانه‌ها در فولاد B تقریباً پریکتیک (C ۰/۱۸٪) ایجاد می‌شوند. این موضوع با یافته‌های رضائیان و همکاران و Maehara و همکاران همخوانی دارد. رشد دانه نتیجه صریح دما می‌باشد و بلافاصله پس از سرد کردن از مذاب، در فولاد با ترکیب پریکتیک آستنیت در دمای بالاتری تشکیل می‌شود.

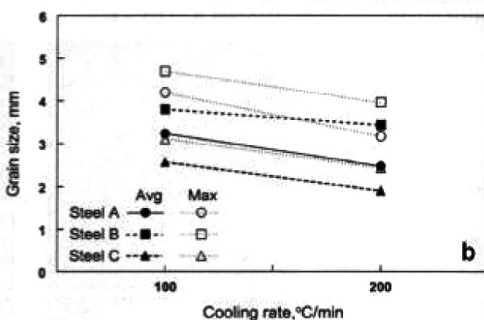
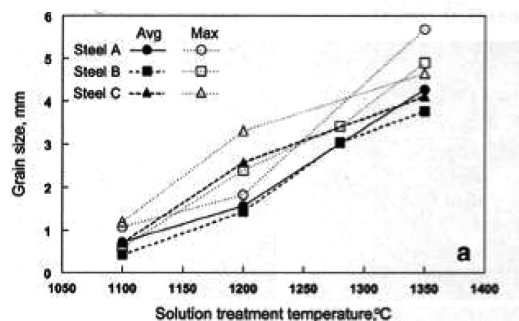
بر اساس نمودار فازی Fe-C آستنیت در فولاد B تقریباً در دمای ۱۰۰ °C بالاتر از فولاد A یا C تشکیل شده است. به عبارت دیگر، با عملیات محلولی، رشد دانه در فولاد B نسبتاً کند بود. در STT برابر با ۱۳۵۰ °C اندازه دانه بزرگتر با فولادهای A و C به دست آمد تا با فولاد B. با فولاد B مقدار STT برابر با ۱۳۵۰ °C برای ایجاد معادل میانگین اندازه دانه‌ای که با ریخته‌گری مستقیم به دست آمد مورد نیاز بود.

**نرمی گرم نمونه‌های عملیات محلولی - نرمی گرم**  
نمونه‌های عملیات محلولی در ۱۱۰۰، ۱۲۰۰ و ۱۳۵۰ °C به صورت ترسیمی در شکل ۱۳ نشان داده شده است.

اندازه دانه تقریباً به صورت خطی با دمای عملیات محلولی (STT) افزایش یافت (شکل ۱۱ a). اندازه دانه بزرگتر از ۱ mm حتی در STT برابر با ۱۲۰۰ °C بود. در STT برابر با ۱۳۵۰ °C، اندازه دانه میانگین در هر سه فولاد حدود ۴ mm بود (گرچه یک اندازه دانه حداکثر تقریباً ۶ mm با فولاد A اتفاق افتاد).

جالب اینکه اندازه دانه‌های به دست آمده در این بررسی با استفاده از فولاد کربنی ساده به میزان قابل توجهی بزرگتر از اندازه ۰/۲ تا ۱ mm که به طور کلی در مطالب منتشره توسط سایرین برای آزمایش فولاد حاوی Nb یا فولاد C-Mn ساده تحت شرایط حرارتی مشابه گزارش شده بود. احتمالاً، دانه‌های متورم به همان سهولت نمونه‌های گلیبل با عملیات حرارتی محلولی فولادهای میکروآلیاژی تشکیل نمی‌شوند زیرا عناصر و یا ترکیبات مرزدانه‌ها را متوقف کرده و از رشد در STT بالا جلوگیری می‌کنند. بدیهی است مطالعه بیشتری برای شناخت بهتر رشد دانه آستنیت در نمونه‌های گلیبل مورد نیاز است.

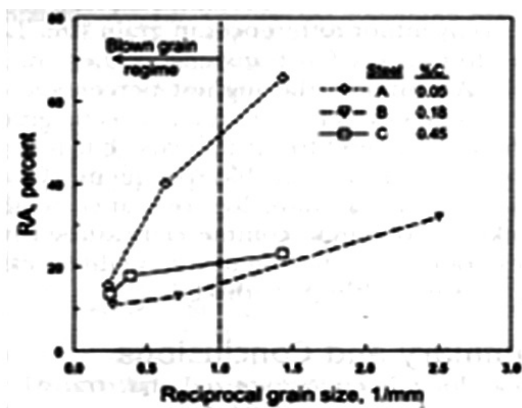
با نمونه‌های ریخته‌گری مستقیم (ذوب شده در محل خود)، سرعت سرد کردن کندتر پس از انجماد دانه‌های بزرگتری را تولید کرد (شکل ۱۱ b).



شکل ۱۱ - اندازه دانه آستنیت اولیه به صورت تابعی از (a) دمای عملیات محلولی و (b) سرد کردن سرعت در ریخته‌گری مستقیم.

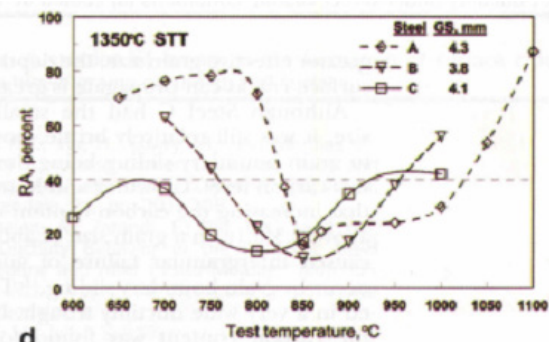
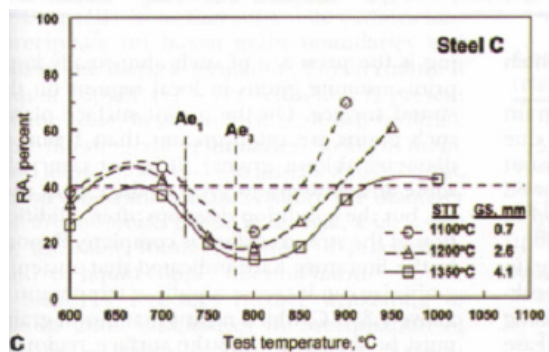
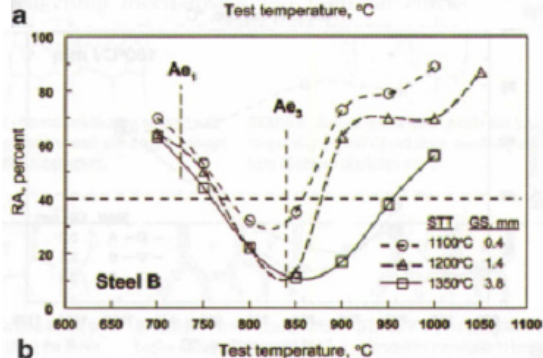
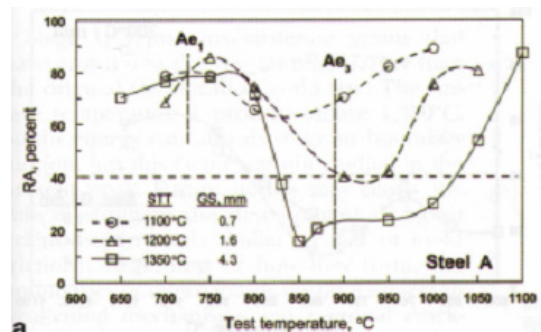
در یک سرعت سرد کردن کندتر، زمان بیشتری در منطقه دمای

ملاحظه بهتری از فولاد B یا فولاد C می‌باشد. در STT برابر با  $1350^{\circ}\text{C}$ ، حداقل نرمی هر سه فولاد تقریباً برابر بودند (شکل d13). گراف‌های شکل ۱۳ نشان دادند که چون اندازه دانه با STT بالاتر افزایش یافته، چاله نرمی (تعریف شده به صورت مقادیر RA زیر ۴۰٪) برای هر سه فولاد عمیق شده و به طرف دماهای بیشتر به خوبی در منطقه کاملاً آستنیتی بالای دمای  $Ae_3$  توسعه می‌یابند. در مطالب منتشره هیچ مطلبی یافت نشد که نشان دهد که فریت ایجاد شده از تغییر شکل می‌تواند زیر دمای  $Ae_3$  تشکیل شود. بنابراین، دلیل بسط نرمی کم به دماهای زیر دمای  $Ae_3$  نامعین باقی می‌ماند. این ممکن است ناشی از لغزش مرزدانه باشد، اما سایرین پیشنهاد کرده‌اند که این مکانیزم شکست فقط در فولاد با بیش از حدود ۰/۳ درصد کربن مساعد است. امکان دیگر برای بسط چاله نرمی آن است که نیتريد‌ها در مرزدانه‌های آستنیت رسوب کنند. اما نیتروژن محتوی فولادهای مورد بررسی کاملاً کم بود، حدود ۱۶ ppm. علاوه بر این بررسی وجوه شکست نمونه‌های شکسته پس از سرد کردن در نیتروژن مایع نه رسوبات نیتريد و نه رسوبات سولفید را آشکار نکرد. بنابراین نرمی کم آستنیت ممکن است تنها نتیجه اندازه دانه آستنیت بزرگتر به دست آمده باشد. اندازه دانه اثر عمده‌ای بر نرمی در دماهای آزمایش زیر حدود  $800^{\circ}\text{C}$  نداشت. ارتباط بین حداقل نرمی و نسبت معکوس اندازه دانه آستنیت اولیه (I/D) به دست آمده در سه دمای عملیات محلولی در شکل ۱۴، نشان داده شده است.



شکل ۱۴ - حداقل مقدار RA برحسب نسبت معکوس اندازه دانه آستنیت (I/D) برای نمونه‌های عملیات محلولی شده.

گرچه اندازه دانه و حداقل نرمی در هر سه فولاد در STT برابر با  $1350^{\circ}\text{C}$  مشابه بودند، نرمی فولاد A خیلی بیشتر بهبود یافت چون STT (بنابراین، اندازه دانه) کاهش یافت. از این رو، حداقل



شکل ۱۳ - منحنی‌های نرمی گرم در STT برابر با ۱۱۰۰، ۱۲۰۰ و  $1350^{\circ}\text{C}$  (a) فولاد A، (b) فولاد B، (c) فولاد C و (d) هر سه فولاد تنها در STT برابر با  $1350^{\circ}\text{C}$ .

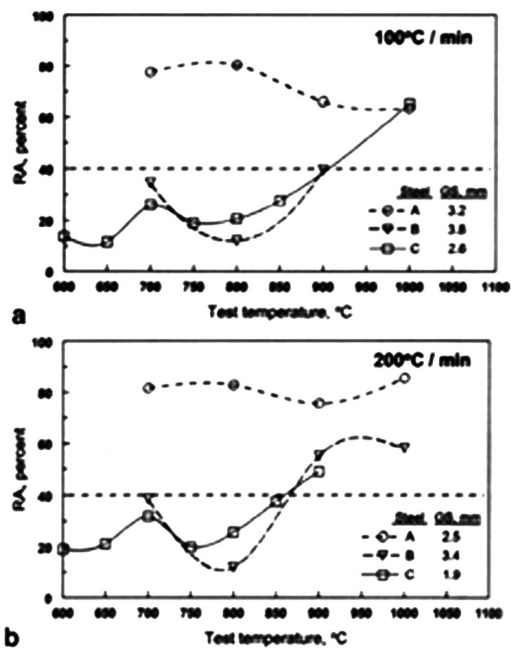
اندازه دانه به دست آمده با هر STT در گراف‌ها نشان داده می‌شود. همچنین دمای  $Ae_1$  (دمای تغییر فاز تعادل پوتکتوید) و دمای  $Ae_3$  (دمای شروع تغییر فاز تعادل آستنیت/فریت) که با استفاده از نرم افزار MTDATA محاسبه شده درج شده‌اند. در STT برابر با ۱۱۰۰ و  $1200^{\circ}\text{C}$ ، فولاد A دارای نرمی قابل

دلیل تشکیل دانه‌های طولی شده در فولاد B تقریباً پریکتیک واضح نیست. این ممکن است به گرادیان دمایی بیشتر در طی سرد کردن نمونه‌های این ترکیب شیمیایی یا به وقوع واکنش پریکتیک و به دنبال آن تغییر فاز پریکتیک به آستنیت مربوط باشد. Tsai و همکاران پی بردند که دانه‌های متورم حداقل ۶ mm از سطح اسلب به داخل طولی شده‌اند. طولی شدن به طرف داخل دانه‌های متورم اهمیت عملی دارد زیرا اندازه دانه مؤثر تأثیرگذار بر شکست بین‌دانه‌ای طولی شده است تا قطر میانگین دانه بر روی صفحه سطحی. با اندازه دانه مؤثر بزرگتر، عمقی که در آن ترک‌های سطحی می‌توانند گسترش یابند بیشتر است. گرچه فولاد C کوچکترین اندازه دانه را داشت، ولی هنوز نسبتاً شکننده بود، احتمالاً به دلیل لغزش مرزدانه که در این میزان از کربن غالب است. Crowder و Mintz نشان دادند که افزایش کربن فولاد تا بالای ۰/۳ درصد (با اندازه دانه حدود ۳۰۰ μ) سبب وقوع شکست بین دانه‌ای آستنیت توسط لغزش مرزدانه می‌شود. این منجر به چاله نرمی خیلی پهن شد. مشخص شد افزایش کربن انرژی فعال‌سازی برای تبلور مجدد دینامیک را افزایش می‌دهد و از این رو لغزش مرزدانه‌ای بیشتر و اتصال ترک‌ها را تقویت می‌کند.

**مقایسه نرمی: عملیات محلولی در مقابل ریخته‌گری مستقیم** - ممکن است این انتظار وجود داشته باشد که ساختار حالت ریخته‌گری شده به خوبی ساختار گرم شده مجدد از نظر خواص مکانیکی در دمای بالا به دلیل تفاوت‌ها در ریزساختار نباشد. اما این مطالعه نشان داد که نرمی نمونه‌های ریخته‌گری شده مستقیم فولاد کم کربن (فولاد A) خیلی برتر از مورد نمونه‌های عملیات محلولی شده در دماهای بالای ۱۱۰۰ °C است. حتی با فولاد B، نرمی گرم ساختار در حالت ریخته‌گری شده در دماهای آزمایش بالای ۸۰۰ °C بهتر از مورد نمونه‌های عملیات محلولی شده بود، گرچه فقط تفاوت‌های اندکی در اندازه دانه وجود داشت. Tsai و همکاران تعداد خیلی اندک از ترک‌های گوشه‌ای عرضی را در گرید LCAK پیدا کردند (بالاترین درصد ترک‌های گوشه‌ای بر روی گرید پریکتیک با Nb یافت شد). بنابراین آشکار می‌شود که آزمایش نمونه‌های گلیبل عملیات محلولی شده فولاد کم کربن ممکن است ارتباط کمتری با مشکل ترک خوردن در ریخته‌گری صنعتی نسبت به آنچه که آزمایش نرمی گرم با استفاده از روش ریخته‌گری مستقیم انجام می‌دهد (ذوب در محل خود) داشته باشد.

نرمی برای فولاد A تابع خیلی قویتری از اندازه دانه نسبت به فولاد B یا فولاد C بود. این داده‌ها پیشنهاد می‌کنند که اگر بتوان از دانه‌های متورم فوق‌العاده بزرگ در ریخته‌گری صنعتی اجتناب کرد، آنگاه فولاد C ۰/۰۵٪ ممکن است ذاتاً حساسیت کمتری به ترک عرضی نسبت به فولادهای با کربن بالاتر داشته باشد.

**نرمی گرم نمونه‌های ریخته‌گری مستقیم - نرمی گرم** نمونه‌های ریخته‌گری مستقیم سرد شده با سرعت‌های ۱۰۰ و ۲۰۰ °C/min در دو گراف در شکل ۱۵ نشان داده شده‌اند.



شکل ۱۵- نرمی گرم تحت شرایط ریخته‌گری مستقیم (a) سرد شده با سرعت ۱۰۰ °C/min و (b) سرد شده با سرعت ۲۰۰ °C/min

قابل توجه‌ترین نتیجه نرمی نسبتاً خوب نشان داده شده توسط فولاد A در مقایسه با فولادهای با کربن بیشتر است. در سرعت سرد کردن کمتر، این فولاد کم کربن فقط یک حداقل افت نرمی را نشان داد. فولاد B بزرگترین اندازه دانه را در هر دو سرعت سرد کردن داشت. همان طور که قبلاً بحث شد، دانه‌های درشت در فولاد B منتج از دمای بالاتر در منطقه آستنیت در مقایسه با دو فولاد دیگر هستند. به نظر می‌رسد افت نرمی مستقیماً به افزایش اندازه دانه و در دمای آزمایش ۸۰۰ °C مربوط باشد، فولاد B کمترین مقدار RA را داشت. همچنین دانه‌های آستنیت در فولاد B در جهت عمود بر سطح خیلی بیشتر طولی شدند نسبت به دانه‌ها در فولادهای با کربن کمتر و کربن بیشتر. شکل دانه طولی شده به وضوح در شکل ۱۰ مشهود است.



## نتیجه‌گیری

مدت زیادی است که مشخص شده است که ترک عرضی با اندازه دانه‌های بزرگ آستنیت اولیه همراه است. آنچه که به طور کامل مورد توجه قرار نگرفته است آن است که عامل اصلی ترک عرضی، ریزترک و ترک ستاره‌ای وجود این دانه‌های غیرعادی بزرگ آستنیت اولیه در مناطق موضعی بر روی سطح شاخه است. در صفحه سطحی در حالت ریخته‌گری شده، این دانه‌ها اغلب قطری بزرگتر از ۱ mm (دانه‌های متورم) دارند. آشکار نیست که چرا برخی از دانه‌های آستنیت تا این میزان رشد می‌کنند، اما شرایط پس از اینکه انجماد سطح شاخه کامل شد به وجود می‌آید. گزارش‌ها در مطالب منتشره نشان داده‌اند که اندازه دانه آستنیت در دماهای بالای  $1350^{\circ}\text{C}$  می‌تواند سریعاً افزایش یابد، که به این معنی است که دانه‌های متورم باید در زمانی که سطح منطقه شاخه هنوز در قالب است، احتمالاً در فاصله ۳۰۰-۲۰۰ mm زیر سطح مذاب در قالب تشکیل شوند.

برای شناخت بهتر تأثیر دانه‌های متورم بر خواص مکانیکی در دماهای بالا، در این تحقیق نرمی گرم نمونه‌ها سه آلیاژ ساده Fe-C مورد آزمایش قرار گرفتند. دانه‌های آستنیت اولیه با قطر بزرگ‌تر از ۱ mm به آسانی در دماهای عملیات محلولی  $1200^{\circ}\text{C}$  و بالاتر تولید شدند. در STT برابر با  $1350^{\circ}\text{C}$ ، اندازه دانه ۴ mm و بزرگتر به دست آمد. علاوه بر این، ریخته‌گری مستقیم (ذوب در محل خود) و سردکردن تا دمای آزمایش با سرعت ۱۰۰ یا  $200^{\circ}\text{C}/\text{min}$  به دانه‌های با قطر بزرگ‌تر از ۲ mm منتج شد. در آزمایش آلیاژ C ۰/۰۵٪، مشخص شد که نرمی گرم نمونه‌های ریخته‌گری مستقیم بهتر از مورد نمونه‌های عملیات محلولی است. این نتیجه نشان می‌دهد که آزمایش نمونه‌های ریخته‌گری مستقیم نتایج سازگارتری را با تجربه ترک خوردن در صنعت می‌دهد. همچنین تکنیک ریخته‌گری مستقیم دانه‌های متورم طولی شده را در نمونه‌های مربوط به آلیاژ نزدیک به پریتکتیک (C ۰/۱۸٪) ایجاد کرد. دانه‌های طولی شده اندازه دانه مؤثری را که بر ترک خوردن تأثیر می‌گذارد افزایش می‌دهند و چنین دانه‌های طولی شده‌ای ممکن است تا اندازه‌ای تمایل به ترک خوردن بیشتر مشاهده شده در فولادهای پریتکتیک را توضیح دهند.

یک سناریو برای ترک خوردن سطحی بر اساس تشکیل دانه‌های متورم به صورت شماتیک در شکل ۱۶ به صورت

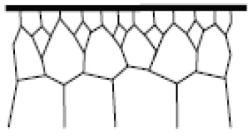

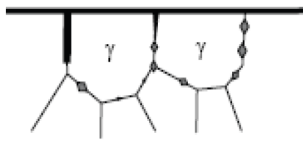
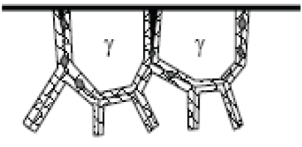
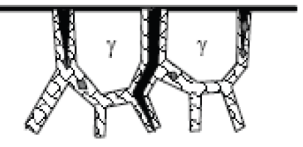
خلاصه آمده است. مرحله I اندازه دانه عادی فولاد جدید را که فقط بر روی دیواره قالب منجمد شده نشان می‌دهد. قطر دانه در سطح احتمالاً کمتر از  $500\ \mu\text{m}$  می‌باشد.

مرحله II دانه‌های آستنیت را که تا اندازه چند برابر بزرگتر از اندازه دانه انجماد اولیه رشد کرده‌اند نشان می‌دهد.

دمای سطح احتمالاً بالای  $1350^{\circ}\text{C}$  می‌باشد. انرژی کرنش نیز می‌تواند محرک مرزدانه‌ها باشد، اما این عامل در این تحقیق بررسی نشد. تحقیقات آینده ممکن است نقش کرنش در توسعه دانه‌های متورم (میزان کرنش مشابه با مورد اصطکاک قالب) را روشن کند. صرف نظر از چگونگی تشکیل آن‌ها، مرزدانه‌های متورم مشمول مکانیزم ضعیف شدن و ترک خوردن احتمالی هستند. ترک‌ها به صورت مشخصی بین دانه‌های می‌باشند، اما ضرورتاً بین دندریتی نیستند. مرحله III امکان می‌دهد که سولفیدهای حالت جامد بتوانند در مرزدانه‌های متورم رسوب کنند و به تشکیل ریزترک‌ها کمک نمایند. علاوه بر این، اگر مس مایع (یا آلیاژی غنی از مس) در سطح مشترک پوسته/زمینه موجود باشد، می‌تواند به مرزدانه‌های متورم نفوذ کرده، آنها را ضعیف نموده، امکان ایجاد و یا رشد ریزترک‌ها را فراهم کند. اما در نواحی سطحی‌ای که قطر دانه‌های آستنیت عادی است، مثلاً  $500\ \mu\text{m}$ ، همان جزء حجمی از رسوبات و یا مس مایع مضر نیست.

مرحله IV ضعیف شدن باز هم بیشتر مرزدانه‌های متورم توسط رسوب کردن نیتrideها - مثلاً،  $\text{AlN}$  یا  $\text{Nb}(\text{C},\text{N})$  یا  $\text{V}(\text{C},\text{N})$  در دماهای کمتر را نشان می‌دهد. سپس یا به طور همزمان، جوانه‌زنی و رشد فریت پرویوتکتوید به صورت لایه مانند مرزدانه‌ها را ضعیف کرده و سبب افت قابل توجه نرمی می‌شود. گسترش ترک در امتداد لایه فریت پیوسته برخلاف مورد ناپیوسته آسان‌تر است.

مرحله V طرف بالای شاخه (شعاع داخلی) را که در طی صاف کاری تحت تنش قرار می‌گیرد نشان می‌دهد. بنابراین، ریزترک‌هایی که در امتداد مرزدانه‌های متورم ضمیمه‌دار شده باشند به سهولت گسترش می‌یابند. اکثر ریزترک‌ها قبل از صاف کاری وجود دارند، اما، موارد جدیدی ممکن است ایجاد شوند. اگر دمای سطح شاخه در صاف کننده بالای Ae3 باشد، این مرحله ممکن است در واقع از مرحله IV پیشی گیرد.

		
مرحله I - انجماد عادی روی دیواره قالب. دانه‌های سطحی ریز هستند با انجماد خیلی جهت‌دار ساختار بعدی.	مرحله II - دانه‌های سطحی به دلیل دمای بالا ( $>1350^{\circ}\text{C}$ ) و کرنش، به ویژه در پایه آثار نوسان عمیق‌تر به صورت موضعی "متورم" می‌شوند.	
		
مرحله III - لایه‌های مس و یا رسوبات در امتداد مرزدانه‌های متورم تشکیل می‌شوند. ریزترک‌ها در مرزهای ضعیف شده به وجود می‌آیند.	مرحله IV - تغییر فاز فريت شروع شده و رسوبات جدید در مرزدانه‌های متورم تشکیل می‌شوند. ریزترک‌های موجود رشد کرده و ریزترک‌های جدیدی ایجاد می‌گردند.	مرحله V - در صاف‌کننده، ریزترک‌ها گسترش می‌یابند یا به ترک‌های درازتری تبدیل می‌شوند، اصولاً در سطح بالای شاخه.

شکل ۱۶ - طرح شماتیک وقایع در تشکیل ترک‌های سطحی در ارتباط با دانه‌های متورم در سطح شاخه.

میانگین میزان انتشار گاز  $\text{CO}_2$  در صنایع فولاد ترکیه، ۵۴۰ کیلوگرم بر تن فولاد خام به ثبت رسیده است.

(کتاب مرجع فولاد ۹۳)

آیا می‌دانید؟

در شرکت آرسلورمیتال در سال گذشته، ۳۱ میلیون تن فولاد بازیافت شده است لذا از انتشار ۴۱,۷ میلیون تن گاز  $\text{CO}_2$  جلوگیری گردیده است.

(کتاب مرجع فولاد ۹۳)

آیا می‌دانید؟



# بررسی اثر سیلیکات سدیم و اسید بوریک همراه با کربنات لیتیم بر خواص فیزیکی و مکانیکی قطعات منیزیتی با پخت دما پایین

علیرضا شالبافی (دانشجوی کارشناسی ارشد مهندسی مواد - دانشگاه آزاد اسلامی واحد اهواز)  
مرجان منشی (دانشجوی کارشناسی ارشد مهندسی مواد - دانشگاه آزاد اسلامی واحد نجف آباد)  
احمد منشی (استاد دانشکده مهندسی مواد - دانشگاه صنعتی اصفهان)

## چکیده

اگرچه آجرهای دیرگداز رفتار ترمودینامیکی مناسبی دارند اما جرم‌ها، اقتصادی با سهولت کار و ترمیم و تنوع در تولید در حال جایگزینی آجرها هستند. در این تحقیق از پایه منیزیت زینتر شده با دانه‌بندی ۱-۰ میلی‌متر به مقدار ۹۵ درصد در بدنه استفاده شد که قابلیت به کارگیری به صورت کوبیدنی یا پاشیدنی را دارد. ۵ درصد یکی از بدنه‌ها سیلیکات سدیم پودری و دیگری اسید بوریک داشت. به هر بدنه ۰ و ۲ و ۴ درصد کربنات لیتیم برای کاهش زینترینگ اضافه شد و در دمای ۱۱۰۰ °C به مدت ۲ ساعت پخت گردید. اندازه‌گیری وزن مخصوص، تخلخل، درصد جذب آب و تست استحکام کششی برزیلی انجام شد. تلفیق سیلیکات سدیم پودری و کربنات لیتیم باعث بهبود خواص فیزیکی و مکانیکی گردید و در مقیاس صنعتی برای جرم‌های پاششی قابل توصیه است.

**کلمات کلیدی:** جرم نسوز کوبیدنی و پاشیدنی، منیزیت، سیلیکات سدیم، اسید بوریک، کربنات لیتیم، خواص فیزیکی و مکانیکی

## مقدمه

مواد دیرگداز به دو دسته شکل‌دار (آجرها) و بی‌شکل (دیرگدازهای یکپارچه یا جرم‌های دیرگداز) تقسیم می‌شوند. دیرگدازهای یکپارچه با آجرهای دیرگداز تفاوت دارند و اگرچه پیش‌بینی رفتار ترمودینامیکی دیرگدازهای شکل‌دار قبل از بهره‌برداری در مقایسه با جرم‌های دیرگداز یکپارچه دقیق‌تر است و اشکالات ظاهری آجرها را قبل از مصرف می‌توان با مشاهده‌ی ظاهر آن‌ها از جمله ترک و لب‌پریدگی تشخیص داد اما خواص شیمیایی و فیزیکی مشابهی دارند و حتی در برخی موارد، دیرگدازهای یکپارچه دارای ویژگی‌های بهتری می‌باشند. مزایای ویژه دیرگدازهای یکپارچه نسبت به آجرهای دیرگداز عبارتند از:

- زمان تولید کوتاه: از آنجا که هیچ‌گونه شکل دادن و پختی در مورد این محصولات صورت نمی‌گیرد، مدت زمان تولید و تحویل، کوتاه‌تر است.

- آسانی نصب و اجرا و کاهش قیمت: ساخت کوره‌های با

راندمان بالا نیازمند اشکال بزرگ و پیچیده‌ای از آجرهای دیرگداز برای دستیابی به عملکرد مورد نظر است که مستلزم نیروی متخصص گران قیمت و زمان طولانی‌تر برای نصب و تکمیل است. از طرف دیگر، فرآیند ساخت دیرگدازهای یکپارچه بسیار آسان است و به سرمایه‌گذاری سنگین خرید تجهیزات و ماشین‌آلات احتیاج ندارد لذا قیمت تمام شده‌ی کمتری خواهند داشت. این امر موجب کوچک شدن کارخانجات نیز می‌شود.

- صرفه جویی در انرژی: از آنجا که هیچ‌گونه عملیات پختی بر روی دیرگدازهای یکپارچه انجام نمی‌شود، از اتلاف انرژی جلوگیری شده و کاهش مصرف سوخت و کاهش آلودگی محیط زیست را در پی خواهد داشت.

- پوشش یکپارچه: آسترهای دیرگداز یکپارچه معمولاً نازک‌تر از ساختارهای آجری و در عین حال بادوام‌تر هستند زیرا آجرچینی نیازمند استفاده از ملات برای اتصال آجرها به یکدیگر دارد که در نتیجه نقاط ضعیفی (درز) در ساختار ایجاد می‌کند. دیرگدازهای یکپارچه می‌توانند در اطراف سازه‌های حمایت‌کننده پشتیبان به کار روند و ممکن است در کاربردهایی مثلاً به جای آسترهای قوسی شکل با آجر ضخیم، نیازی به خود پشتیبانی نداشته باشند.

- دوام بالاتر: آسترهای ساخته شده از آجرهای دیرگداز در مقایسه با آسترهای یکپارچه تحت انبساط حرارتی بیشتری قرار می‌گیرند و این ویژگی می‌تواند سبب تغییر شکل یا پوسته شدن ساختار گردد. آسترهای یکپارچه توسط سازه‌های ثابت شده پشتیبانی می‌شوند که به عنوان عامل جلوگیری کننده از حرکت ناشی از تغییرات حرارتی عمل می‌نمایند و بنابراین مقاومت مکانیکی آنها در مقابل لرزش و ضربه نسبت به آجرها افزایش می‌یابد و آسترهایی با دوام بیشتری را فراهم می‌کنند.

- کاربردهای مختلف: این نوع دیرگدازها در کوره‌هایی بادیواره‌های ضد نفوذگاز نیز استفاده می‌شوند زیرا نفوذپذیری

## مواد اولیه و روش تحقیق

مواد اولیه به کار رفته در این تحقیق منیزیت زینتر تولید نسوز کشور در بیرجند با خلوص ۹۲ درصد و دانه بندی (۱-۰) میلی متر به عنوان پایه اصلی بوده است. ۹۵ درصد پودر منیزیت با ۵ درصد سیلیکات سدیم در سری اول نمونه ها و ۵ درصد اسید بوریک در سری دوم نمونه ها آمیخته گردیده است. بر ۱۰۰ گرم از هر مخلوط به ترتیب ۰ و ۲ و ۴ درصد کربنات لیتیم به منظور زود ذوبی استفاده شده است. هدف از به کارگیری کربنات لیتیم آن است که در شرایط پخت، به اکسید لیتیم تبدیل گشته و پس از خروج گاز کربنیک لیتیم که عنصر بسیار سبک و کوچکی می باشد به درون ساختار منیزیت که اکسیدی با دمای ذوب فوق العاده بالا (۲۸۰۰ °C) است نفوذ کند و یوکتیک نقطه ذوب پایین به وجود آورد و عمل زینتر شدن را در دمای پایین امکان پذیر سازد. فرمولاسیون های مختلف با ۷ درصد آب مخلوط گردیده و در قالب فولادی با اندکی فشرده گی به صورت دیسک های با قطر ۴۰ میلی متر و ارتفاع ۴۰ میلی متر تهیه گردید. نمونه ها در دمای پایین ۱۱۰۰ درجه سانتی گراد به مدت ۲ ساعت پخته شده اند. هدف کلی استفاده از این ترکیبات به عنوان جرم های نسوز پاشیدنی یا کویدنی بدون سیمان و با استفاده از مواد زود ذوب برای گیرش در دماهای پایین موقع پاشش بر روی سطح داغ آجر و یا بعد از عمل کوبش با شابلون می باشد. چنانچه هر کدام از این ترکیبات از خواص فیزیکی و مکانیکی لازم برخوردار باشد می تواند مورد استفاده صنعتی قرار گیرد.

بر روی این نمونه ها آزمایشات اندازه گیری وزن مخصوص، درصد حجمی تخلخل باز و درصد وزنی جذب آب صورت گرفت. برای آزمایش مکانیکی استحکام برزیلی به صورت قرار دادن نمونه ها در جهت قطر در امتداد وارد کردن نیرو توسط سکوی دستگاه صورت گرفت. نیروی مکانیکی شکست به صورت زیر محاسبه گردید:

$$S = F_{max} / (\pi D/2)(t)$$

در این محاسبه S، استحکام مکانیکی کشش است. اگر چه نیروی فشاری بر نمونه ها اعمال می شود اما در انحنای چپ و راست دیسک این نیرو به کششی تبدیل شده و موجب شکست می گردد.  $F_{max}$  حداکثر نیرویی است که موجب شکست شده است و مقدار آن در منحنی های نیرو-ازدیاد طول ارائه شده در مقاله دیده می شود. D، قطر دیسک معادل ۴ سانتی متر و t ضخامت معادل ۴ سانتی متر می باشند و بر حسب کیلوگرم بر سانتی متر مربع و یا نیوتون بر متر مربع (پاسکال) استحکام کششی محاسبه می شود.

کمتری نسبت به دیرگدازهای شکل دار (در طراحی دیرگدازهای بی شکل نوین) دارند و بنابراین یک انتخاب ایده آل برای ساخت مخازن تحت فشار هستند. همچنین می توان از آنها برای تعمیر موضعی استفاده کرد.

تنوع در تولید: دیرگدازهای یکپارچه در شکل های متفاوتی بر مبنای تکنیک نصب و خواص آنها موجود می باشند و بسته به نوع کاربرد، می توان از مواد اولیه و دانه بندی های مختلفی استفاده نمود. در نتیجه، روش ها و نحوه ی کاربرد آنها قابلیت خود کار بودن بیشتری را نسبت به دیرگدازهای شکل دار برای سیستم میسر می سازد [۱ و ۲]. لذا در ادامه به بررسی این دسته از مواد دیرگداز که موضوع مورد بحث در این پروژه نیز می باشد می پردازیم.

مواد دیرگداز بی شکل به مخلوط های شامل سنگ دانه ها و یک یا چند چسب آماده شده برای استفاده مستقیم بعد از خرید یا بعد از افزودن یک یا چند مایع مناسب گفته می شود که به صورت خشک و یا مرطوب عرضه می شوند. این مواد با روش های مختلفی نظیر کوبیدن، ریختن، پاشیدن، ویره کردن و یا ماله کشی نصب می شوند و ممکن است قبل از کاربرد، عملیات خاصی بر روی آنها از قبیل خشک کردن و یا تفجوشی اولیه انجام شود [۳]. مواد دیرگداز بی شکل می توانند علاوه بر سنگ دانه های دیرگداز و عوامل اتصال دهنده حاوی الیاف فلزی، آلی و یا سرامیکی باشند. همچنین این مخلوط ها می توانند متراکم یا متخلخل باشند. عمدتاً مخلوط های متخلخل دارای تخلخل واقعی بیش از ۴۵٪ می باشند [۴]. در جدول (۱) تاریخچه ای مختصر از دیرگدازهای یکپارچه آورده شده است.

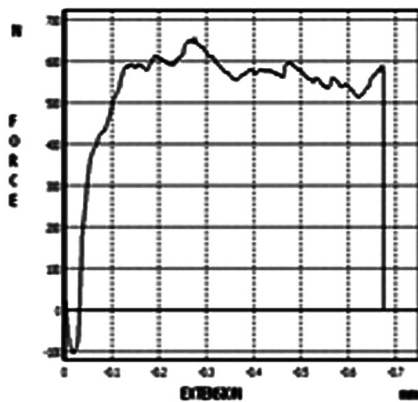
جدول ۱ - تاریخچه دیرگدازهای یکپارچه [۵]

نوع نصب	پیشرفت	سال
کوبیدنی	اختراع دیرگداز پلاستیک	۱۹۱۴
ریختنی	ثبت اولین اختراع در مورد دیرگداز با قابلیت ریختن	۱۹۲۳
پاششی خشک	دیرگدازهایی با قابلیت پاشش	دهه ۱۹۵۰
لرزشی	اختراع دیرگدازهای ریختنی دفلو کوله شده	دهه ۱۹۷۰
نصب سریع	اشکال پیش ساخته و پیش فرآوری شده	دهه ۱۹۷۰
خود جریان	دیرگدازهای ریختنی خود جریان	دهه ۱۹۸۰
شاتکریت (پاششی)	دیرگدازهایی برای شاتکریت	دهه ۱۹۹۰

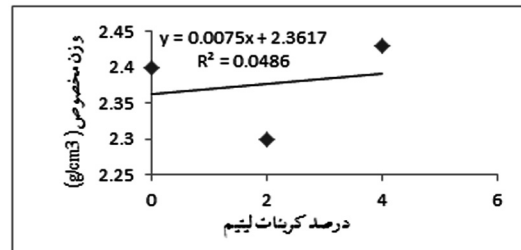
در این تحقیق از منیزیت زینتر و دو پیوند دهنده همزمان به صورت سیلیکات سدیم و کربنات لیتیم در یک مورد و اسید بوریک و کربنات لیتیم در مورد دیگر استفاده شده است که پایه مناسب برای نسوزهای بی شکل کوبیدنی و در مواردی پاشیدنی می تواند به کار رود.

## نتایج و بحث

MERC  
STM Series Machine Control And Report Software

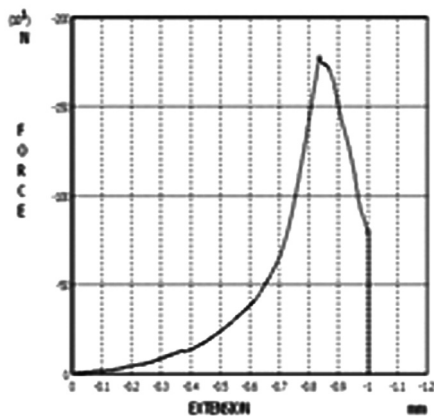


شکل (۱) منحنی وزن مخصوص در مقابل درصد کربنات لیتیم برای نمونه شامل سیلیکات سدیم را نشان می‌دهد.

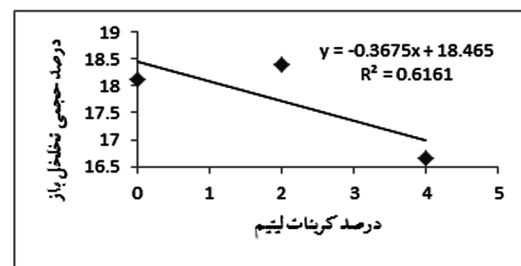


شکل ۱- منحنی وزن مخصوص در مقابل درصد کربنات لیتیم برای نمونه شامل سیلیکات سدیم.

MERC  
STM Series Machine Control And Report Software

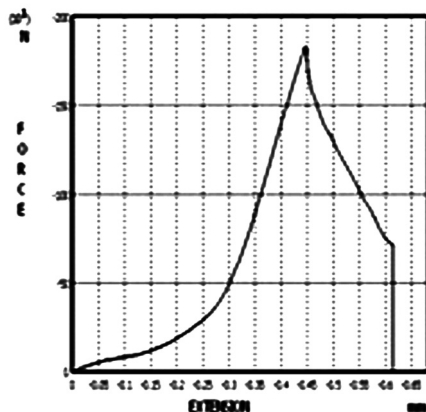


شکل (۲) منحنی درصد حجمی تخلخل باز در مقابل درصد کربنات لیتیم برای نمونه شامل سیلیکات سدیم را نشان می‌دهد.

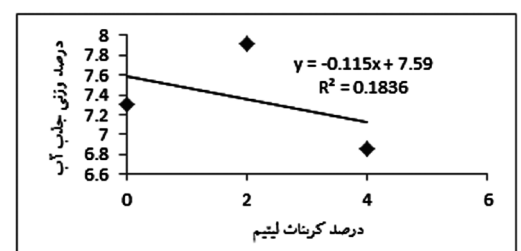


شکل ۲- منحنی درصد حجمی تخلخل باز در مقابل درصد کربنات لیتیم برای نمونه شامل سیلیکات سدیم.

MERC  
STM Series Machine Control And Report Software



شکل (۳) منحنی درصد وزنی جذب آب در مقابل درصد کربنات لیتیم برای نمونه شامل سیلیکات سدیم را نشان می‌دهد.

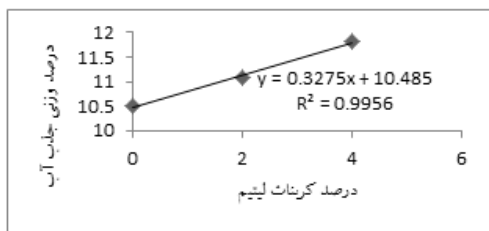


شکل ۳- منحنی درصد وزنی جذب آب در مقابل درصد کربنات لیتیم برای نمونه شامل سیلیکات سدیم.

شکل ۴- سه منحنی نیرو- ازدیاد طول برای (a) صفر درصد، و (b) دو درصد، و (c) چهار درصد کربنات لیتیم همراه با سیلیکات سدیم.

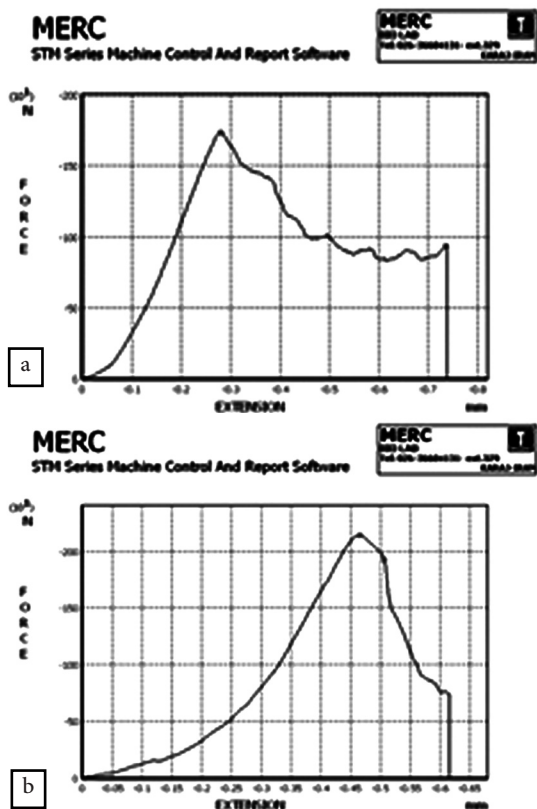
شکل (۴) سه منحنی نیرو- ازدیاد طول برای (a) صفر درصد، و (b) دو درصد، و (c) چهار درصد کربنات لیتیم همراه با سیلیکات سدیم را نشان می‌دهد.

شکل (۸) منحنی درصد وزنی جذب آب در مقابل درصد کربنات لیتیم برای نمونه شامل اسید بوریک را نشان می‌دهد.



شکل ۸- منحنی درصد وزنی جذب آب در مقابل درصد کربنات لیتیم برای نمونه شامل اسید بوریک.

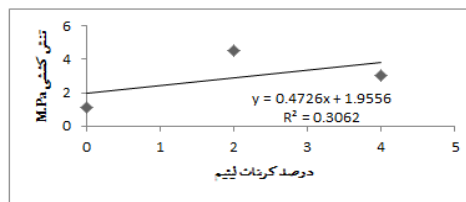
شکل (۹) دو منحنی نیرو-ازدیاد طول برای (a) صفر درصد، و (b) چهار درصد کربنات لیتیم همراه با اسید بوریک را نشان می‌دهد.



شکل (۹) دو منحنی نیرو-ازدیاد طول برای (a) صفر درصد، و (b) چهار درصد کربنات لیتیم همراه با اسید بوریک.

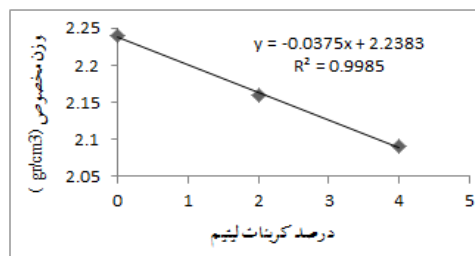
شکل (۱۰) محاسبات S (استحکام برزیلی) برای ۲ نمونه شامل ۰ و ۴ درصد کربنات لیتیم همراه با اسید بوریک را نشان می‌دهد.

شکل (۵) محاسبات S (استحکام برزیلی بر حسب مگا پاسکال) برای ۳ نمونه شامل ۰ و ۲ و ۴ درصد کربنات لیتیم همراه با سیلیکات سدیم را نشان می‌دهد.



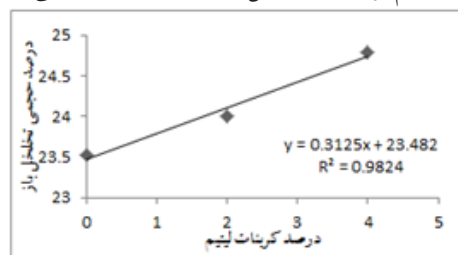
شکل ۵- محاسبات S (استحکام برزیلی) برای ۳ نمونه شامل ۰ و ۲ و ۴ درصد کربنات لیتیم همراه با سیلیکات سدیم.

نتیجه‌گیری می‌شود که با افزودن ۲ و ۴ درصد کربنات لیتیم به مجموعه ۹۵ درصد منیزیت (۰-۱) میلی‌متر و ۵ درصد سیلیکات سدیم پودری وزن مخصوص افزایش، درصد حجمی تخلخل باز کاهش و درصد وزنی جذب آب نیز کاهش می‌یابد که به معنای بهبود خواص فیزیکی است. از طرفی تنش کششی افزایش می‌یابد که گویای بهبود خواص مکانیکی است. افزودن ۲ درصد کربنات لیتیم در کنار ۵ درصد سیلیکات سدیم پودری همراه با ۹۵ درصد پودر (۰-۱) میلی‌متر منیزیت زینتری مورد تأیید به کارگیری صنعتی می‌باشد. شکل (۶) منحنی وزن مخصوص در مقابل درصد کربنات لیتیم برای نمونه شامل اسید بوریک را نشان می‌دهد.



شکل ۶- منحنی وزن مخصوص در مقابل درصد کربنات لیتیم برای نمونه شامل اسید بوریک.

شکل (۷) منحنی درصد حجمی تخلخل باز در مقابل درصد کربنات لیتیم برای نمونه شامل اسید بوریک را نشان می‌دهد.



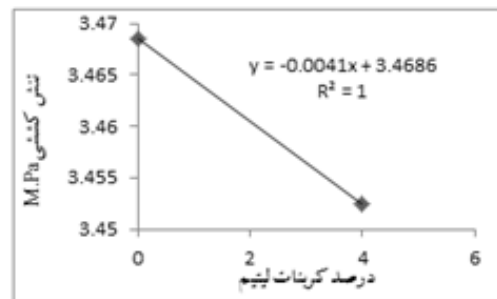
شکل ۷- منحنی درصد حجمی تخلخل باز در مقابل درصد کربنات لیتیم برای نمونه شامل اسید بوریک.

حتی اندکی کاهش خواص فیزیکی و مکانیکی را به همراه دارد. افزودن کربنات لیتیم همراه با اسید بوریک برای جرم‌های کوبیدنی یا پاشیدنی منیزیتی در مقیاس صنعتی توصیه نمی‌شود.

### نتیجه گیری

۱- افزودن ۲ درصد کربنات لیتیم به جرم منیزیتی کوبیدنی یا پاشیدنی با پیوند دهنده سیلیکات سدیم پودری مفید است و در مقیاس صنعتی توصیه می‌شود.

۲- افزودن کربنات لیتیم به جرم منیزیتی کوبیدنی یا پاشیدنی با پیوند دهنده اسید بوریک چندان مفید نیست و حتی کاهش خواص فیزیکی و مکانیکی را به همراه دارد و در مقیاس صنعتی توصیه نمی‌شود.



شکل ۱۰- محاسبات S (استحکام برزیلی) برای ۲ نمونه شامل ۰ و ۴ درصد کربنات لیتیم همراه با اسید بوریک.

نتایج نشان می‌دهد که وقتی ۵ درصد اسید بوریک اضافه شود بسیار قوی عمل می‌کند و افزودن ۴ درصد کربنات لیتیم اثر چندان بر تراکم پذیری و افزایش استحکام مکانیکی ندارد و

### مراجع

- [۱] ز. نعمتی، دیرگدازهای سرامیکی، موسسه انتشارات علمی، دانشگاه صنعتی شریف، ۱۳۸۲.
- [۲] A. Nishikawa, Technology of Monolithic Refractories, Japan, 1984.
- [۳] H. Shikano, Refractories Handbook, Technical Association of Refractories, Japan, 1998.
- [۴] س. بانرجی، س. باغشاهی (مترجم)، دیرگدازهای مونولیتیک، انتشارات دانش پویان جوان، تهران، ۱۳۸۵.
- [۵] C.A. Schacht, Refractories Handbook, Schacht Consulting Services Pittsburgh, Pennsylvania, U.S.A., 2004.

**آیا می‌دانید؟**

میزان مصرف محصولات فولادی جهان، ۱۴۸۱ میلیون تن گزارش شده است.  
در حالیکه این نرخ در سال ۱۹۹۹، ۷۰۵ میلیون تن بوده است.  
(کتاب مرجع فولاد ۹۳)

**آیا می‌دانید؟**

آمریکا در سال گذشته، ۴،۵ میلیون تن آهن اسفنجی وارد و جایگزین قراضه کرده است.  
(کتاب مرجع فولاد ۹۳)



## 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 اعضای انجمن ارسال می‌گردد. گزارشات ارسالی شامل چکیده، نتایج و بحث و جمع‌بندی و در صورت نیاز مراجع می‌باشد.

## اخبار انجمن آهن و فولاد ایران

### برگزاری جلسه هیأت مدیره انجمن

این جلسه در تاریخ ۹۳/۰۹/۱۹ در محل ساختمان انجمن برگزار شد. در این جلسه در مورد موضوعاتی همچون گزارش فعالیت‌های جاری انجمن و کسب رتبه A انجمن از طرف کمیسیون انجمن‌های علمی در بین سایر انجمن‌ها، بررسی مسائل مربوط به برگزاری سمپوزیوم فولاد ۹۴، تعیین برجستگان صنعت فولاد و ... بحث و تبادل نظر شد.



### تشکیل میزگرد تخصصی

این میزگرد با عنوان «گلوگاه‌های توسعه صنعت فولاد کشور» با حضور جمعی از اعضا هیأت مدیره انجمن، مدیران عامل، اساتید، کارشناسان و محققان صنعت فولاد در مورخ ۹۳/۱۰/۲۴ در محل ساختمان انجمن برگزار گردید. در این میزگرد پس از تبادل نظر و بررسی موضوعات، قطعنامه‌ای صادر و به امضاء حاضرین رسید. در پایان نیز برای مقامات تصمیم‌گیرنده کشور ارسال گردید. مواردی که در مورد «گلوگاه‌های توسعه صنعت فولاد کشور» مورد تأیید جمع قرار گرفت به دو بخش بصورت زیر تقسیم بندی شد:

#### بخش اول - عبور از بحران فعلی (به مدت یکسال)

با توجه به بحران حاکم بر صنایع فولاد کشور و تهدیدات ناشی از واردات محصولات فولادی از کشورهای مختلف از جمله روسیه و چین، به منظور ایجاد تحرک در صنعت فولاد موارد زیر پیشنهاد گردید:

- ۱- وضع و اعمال تعرفه‌های بازدارنده بر واردات محصولات فولادی.
- ۲- با توجه به اینکه فروش محصولات فولادی به صورت اعتباری انجام می‌گیرد لذا پیشنهاد می‌شود این روند برای کل زنجیره تولید فولاد به صورت اعتباری و حتی المقدور بدون بهره انجام گیرد.
- ۳- تقسیم شدن حقوق دولتی شامل مالیات بر سود و مالیات بر ارزش افزوده برای واحدهای فولادی بصورت درازمدت و حتی المقدور با بهره کم انجام گیرد.

۴- تخصیص تسهیلات بانکی درازمدت با بهره کم جهت تأمین تعرفه های جاری.

#### بخش دوم: توسعه پایدار صنعت فولاد

در این بخش جهت توسعه پایدار این صنعت موارد زیر پیشنهاد گردید:

۱- توجه ویژه به ایجاد مرکز تحقیقات و فناوری فولاد کشور جهت دست یابی به دانش فنی فرآیندها و محصولات فولادی جدید و رفع مشکلات فعلی تولید.

۲- بسط زیرساخت های ریلی، جاده ای، اسکله ای و تاسیسات بندری.

۳- بررسی و ایجاد توازن برای واحدهای فولادسازی و معادن و اعمال سیاست مزبور توسط وزارت صنایع و معادن و تجارت جهت جلوگیری از هدر رفتن سرمایه و منابع مملکتی و نیروی انسانی.

۴- تشکیل کارگروهی جهت تعیین تکلیف واحدهای تولیدکننده محصولات فولادی با ظرفیت پایین.

۵- اعمال نظارت دقیق تر بر رعایت استانداردهای ملی و بین المللی بر محصولات وارداتی و تولیدات داخلی.



### اخبار برگزاری همایش ملی سمپوزیوم فولاد ۹۳

هفدهمین همایش سمپوزیوم فولاد تحت عنوان سمپوزیوم فولاد ۹۳ در تاریخ‌های ۵ و ۶ اسفندماه ۱۳۹۳ توسط انجمن آهن و فولاد ایران با حمایت شرکت معدنی و صنعتی چادرملو در یزد، اردکان، کیلومتر ۲۵ جاده اردکان - نائین در مجتمع معدنی و صنعتی اردکان برگزار می‌گردد.

در همین راستا پس از ارسال فراخوان مقالات، تعداد ۲۶۲ مقاله کامل به دبیرخانه سمپوزیوم واصل گردید که پس از بررسی مقالات توسط هیأت داوران، تعداد ۱۱۲ مقاله جهت چاپ در مجموعه مقالات سمپوزیوم فولاد ۹۳

برگزیده شد. از این تعداد حدود ۴۸ مقاله به صورت ارائه حضوری و مابقی به صورت پوستر مورد پذیرش نهایی قرار گرفت و نتایج آن به اطلاع نویسندگان مقالات رسید. شایان ذکر است همراه با این سمپوزیوم، یکی از بزرگترین نمایشگاه‌های صنعت فولاد تحت عنوان نمایشگاه بین‌المللی سمپوزیوم فولاد ۹۳ تشکیل می‌شود. در این نمایشگاه که در زمینی به مساحت حدود ۱۰۰۰۰ مترمربع برگزار می‌گردد بیش از ۲۰۰ شرکت داخلی و خارجی آخرین محصولات و دستاوردهای خود را به نمایش می‌گذارند. جلسه ای نیز در ارتباط با موارد اجرایی سمپوزیوم فولاد ۹۳ با حضور تعدادی از اعضا هیأت مدیره انجمن و مدیران شرکت چادرملو در محل دفتر مرکزی چادرملو در مورخ ۹۳/۱۰/۲۱ برگزار گردید این جلسه برای برنامه ریزی منسجم‌تر در برگزاری این همایش علمی و ارتقاء کیفیت آن تشکیل شد.

#### برگزاری دوره‌های آموزشی

##### کارگاه مقاله نویسی

این دوره آموزشی در تاریخ‌های ۴ و ۱۱ آذرماه ۹۳ در دانشکده فنی و مهندسی دانشگاه گلبایگان توسط جناب آقای دکتر رضا امینی نجف‌آبادی برگزار گردید.

##### شاخص‌های پایدار در صنایع فولاد

این دوره آموزشی در تاریخ ۱۲ آذرماه ۹۳ در شرکت سهامی ذوب آهن اصفهان توسط جناب آقای مهندس جولازاده برگزار گردید.

#### تزییق سوخت‌های کمکی در کوره بلند

این دوره آموزشی در تاریخ‌های ۲۵ و ۲۶ آذرماه ۹۳ در شرکت سهامی ذوب آهن اصفهان توسط جناب آقای مهندس جولازاده برگزار گردید.

#### فرصت‌های صرفه جویی انرژی در کوره‌های پیش گرم نورد

این دوره آموزشی در تاریخ ۱۰ دی‌ماه ۹۳ در شرکت سهامی ذوب آهن اصفهان توسط جناب آقای مهندس جولازاده برگزار گردید.

#### جلسه هم فکری و هم اندیشی انجمن‌های علمی

جلسه‌ای با عنوان هم فکری و هم اندیشی انجمن‌های علمی در مورخ ۲۰/۸/۹۳ با حضور معاون وزیر علوم، تحقیقات و فناوری (آقای دکتر وحید احمدی)، دبیر کمیسیون انجمن‌های علمی (آقای دکتر براری)، جمعی از مدیران انجمن‌های علمی و همچنین آقای مهندس عبدالله اعزازی عضو هیأت مدیره انجمن آهن و فولاد ایران در محل وزارت علوم تحقیقات و فناوری تشکیل شد. در ابتدا گزارشی از عملکرد انجمن‌ها توسط آقای دکتر براری ارائه گردید، ایشان ضمن حضور پررنگ‌تر انجمن‌ها در امور بین‌الملل، تأکید بر همکاری با انجمن‌های خارجی و تبادل کارشناس و هم چنین ورود در همایش‌های خارجی داشتند. در ادامه مدیران چندین انجمن از مسائل، موانع و مشکلات در پیش‌روی خود، مطالبی را مطرح نمودند. در پایان نیز آقای دکتر احمدی خواستار تشکیل یک کارگروه در کمیسیون انجمن‌های علمی شدند که در آن چگونگی ارتباطات انجمن‌ها با دولت و مسیر حرکت آن‌ها مشخص شود.

## اخبار اعضاء حقوقى انجمن آهن و فولاد ايران

### شرکت فولاد مبارکه اصفهان

#### شرکت فولاد مبارکه اصفهان بزرگترین تولید کننده آهن اسفنجی جهان

بنا به گزارش روابط عمومی شرکت فولاد مبارکه اصفهان با بهره‌برداری از مدول‌ها و مگامدول‌های تولید آهن اسفنجی در فولاد مبارکه، ناحیه سبا و فولاد هرمزگان، شرکت فولاد مبارکه اصفهان عنوان بزرگترین تولید کننده آهن اسفنجی جهان را به خود اختصاص داد. شرکت فولاد مبارکه اصفهان هم اکنون تولید بیش از ۶۰ درصد آهن اسفنجی کشور را بر عهده دارد و در هفت ماهه اول سال ۲۰۱۴ میلادی با ۱۸ درصد رشد نسبت به مدت مشابه سال قبل، ۴ میلیون و ۶۴۸ هزار تن آهن اسفنجی تولید کرده است. با این میزان تولید، جمهوری اسلامی ایران با تولید ۱۴ میلیون و ۵۲۸ هزار تن آهن اسفنجی و رشد ۴/۲۵ درصدی در سال گذشته بعد از هند به عنوان دومین تولید کننده این محصول بین کشورهای فولادساز جهان شناخته می‌شود.

#### اجرا و راه اندازی موفقیت آمیز میز غلتکی امتداد ماشین چهار ریخته‌گری

با توجه به افزایش تولید فولاد مذاب تا ۷/۲ میلیون تن در سال و در ارتباط با درخواست مشتریان فولاد مبارکه جهت تولیدات تختالهایی که با هوا خنک می‌شوند و از آنجائیکه تمام تختالهای تولیدی به وسیله جرثقیلهای ۲۷ و ۲۸ جابجا و خنک می‌شدند که پاسخگوی افزایش تولیدات جدید نبود، پروژه توسعه واحد ۲۸ و اجرای میز غلتکی در امتداد ماشین شماره چهار که از مزیت‌های بالایی هم برخوردار بود در این شرکت در دستور کار قرار گرفت. با اجرای این پروژه، تختال‌های تولید شده در ماشین ریخته‌گری چهار که حدود ۱/۳ میلیون تن در سال می‌باشد وارد سالن‌های OP, NO, MN واحد ۲۸ می‌گردند و بوسیله جرثقیل‌های موجود آن سالن‌ها که دارای ترافیک کمتری می‌باشند جابجا و پس از خنک شدن با هوا به نورد گرم منتقل می‌گردند. هزینه اجرای این پروژه حدود ۸۰ میلیارد ریال اعلام شده است.

#### نصب و راه اندازی ضخامت سنج پوشش ورق در خط گالوانیزه

با انجام موفقیت‌آمیز نصب و راه اندازی و بهره‌برداری از ضخامت سنج پوشش در خط گالوانیزه‌ی شرکت فولاد مبارکه، امکان کنترل ضخامت پوشش ورق به صورت لحظه‌ای میسر گردید و میزان مصرف شمش روی در این خط کاهش و هزینه‌های خط گالوانیزه به میزان مناسب کاهش می‌یابد. ضخامت سنج پوشش گالوانیزه از نوع x-ray بوده و خطرات زیست محیطی و تشعشعی به پرسنل، نسبت به دیگر ضخامت سنج‌های موجود بسیار کمتر است.

### شرکت سهامی ذوب آهن اصفهان

#### ۲۷/۶ درصد پیشرفت پروژه تولید ریل در ذوب آهن اصفهان

در راستای تحقق هر چه سریعتر اهداف پروژه ملی تولید ریل در ذوب آهن اصفهان، در فاصله زمانی ۲۴ لغایت ۲۸ آبان ماه سال جاری با حضور تیم کامل مهندسی شرکت کوتر آلمان، مرحله دوم مدارک و نقشه‌های مهندسی و نقشه‌های طراحی کالیبر پروژه ریل مورد بررسی نهایی قرار گرفت که علاوه بر تولید ریل‌های UIC 60 و U33 مورد نیاز راه آهن جمهوری اسلامی ایران، امکان تولید ریل UIC54 مترو و قطارهای شهری نیز با توجه به سیاست‌های اخیر کشور در خصوص توسعه خطوط قطارهای شهری میسر شد. درصد پیشرفت کل پروژه تا تاریخ ۹۳/۹/۱ معادل ۲۷/۶ درصد می‌باشد.

#### صادرات آهک تولیدی ذوب آهن اصفهان

در جهت تنوع فروش محصولات و دستیابی به اهداف کلان شرکت، برای اولین بار صادرات آهک تولیدی ذوب آهن اصفهان صورت پذیرفت. در ادامه بازاریابی و صادرات محصولات اصلی، میانی و فرعی، بازاریابی آهک در دستور کار شرکت ذوب آهن اصفهان قرار گرفت که در اولین گام قراردادی چهارهزارتنی برای صادرات این محصول منعقد گردید و اولین پارت از این سفارش در تاریخ بیستم آبان ماه ۹۳ بارگیری و به خارج از کشور ارسال شد.

**رشد ۱۷ درصدی تولیدات در شرکت فولاد آلیاژی ایران**

به گزارش روابط عمومی شرکت فولاد آلیاژی ایران، این شرکت در راستای تحقق شعار سال اقتصاد و فرهنگ، با عزم ملی و مدیریت جهادی طی نه ماهه سال ۱۳۹۳ بالغ بر ۳۳۴,۷۸۷ تن فولاد خام از انواع عملیات حرارت پذیر، سخت شونده سطحی، میکرو آلیاژ، فنر، ابزار سردکار، ابزار گرم کار، بلبرینگ، خوش تراش زنگ نزن، دما بالا و صنعتی در شرکت فولاد آلیاژی ایران تولید گردیده که در مقایسه با مدت مشابه سال ۱۳۹۲ بیش از ۱۷ درصد افزایش داشته است. در این مدت بیش از ۲۷۸,۹۳۰ تن از محصولات شرکت فولاد آلیاژی ایران به ارزش بالغ بر ۶۰۵۴ میلیارد ریال به بازارهای مختلف مصرف

عرضه گردیده که نسبت به مدت مشابه در سال قبل از لحاظ وزنی ۲۶ درصد و از لحاظ ارزشی ۲۹ درصد رشد داشته است. این محصولات به عنوان مواد اولیه صنایع مختلف کشور از جمله : خودروسازی، ماشین سازی، ابزارسازی و همچنین در ساخت تجهیزات نفت، گاز، پتروشیمی، ریلی و ساختمان سازی مورد استفاده قرار می گیرد. همچنین حدود ۱۲,۱۰۰ تن از محصولات این شرکت به ارزش تقریبی ۸,۷۰۰,۰۰۰ دلار در قالب گروه هایی نظیر عملیات حرارتی پذیر، سخت شونده سطحی، فنر، زنگ نزن و صنعتی و کیفی به کشورهای آلمان، فرانسه، هلند، اسپانیا، امارات، ترکیه، بلژیک، قطر، لهستان، کره جنوبی، ارمنستان، ترکمنستان، مصر و افغانستان صادر شده است که نسبت به مدت مشابه در سال قبل از لحاظ وزنی حدود ۴ درصد رشد داشته است.

**جناب آقای مهندس سعید لقمانی**

بدینوسیله انتصاب بجا و شایسته جنابعالی را به سمت مدیرعامل شرکت فرآورده های نسوز ایران تبریک عرض نموده، توفیق روز افزون حضرت تعالی را از درگاه منان خواستارم.

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

**جناب آقای مهندس سیدعلی آذربادگانی**

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

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



## اخبار از سایت های بین المللی<sup>۱</sup>

### ◀ **تاتا استیل - ساخت خودرو شیک و مقرون به صرفه تر**

محصول جدید شرکت تاتا استیل شامل Serica، پوشش گالوانیزه گرم است که سطح تمام شده‌ی فوق العاده‌ای ایجاد می‌کند. این محصول بعد از فرآیند شکل‌دهی کمترین موج را روی سطح ایجاد کرده که سبب پایداری رنگ در ضخامت کم و زیاد می‌شود. محصول دیگر این شرکت فولاد گالوانیزه شده گرم است که قابلیت تغییر فرم عالی دارد. این شرکت تکنولوژی پوشش روی-منیزیم بصورت اتوماتیک را داراست که قابلیت پوشش پنهایی به وسعت ۲۰۲۰ میلی‌متر را دارد. با به کار بردن فولادهایی با کیفیت سطح Serica، ظاهر رنگ عالی بر روی بدنه پانل‌ها بدست می‌آید این در حالی است که بطور همزمان از عملیات گالوانیزه گرم استفاده می‌شود و با بکارگیری فولادهای هایپر فرم هم از لحاظ ظاهری رضایت مشتریان خودرو تأمین می‌شود و هم با توجه به افزایش سرعت تولید و قابلیت استفاده ورق‌هایی با پهنای زیاد در عملیات گالوانیزه، قیمت تمام شده محصول کاهش می‌یابد.

### ◀ **کاهش وزن اجزاء تا ده درصد توسط فولاد خودرو**

<sup>۲</sup>XPF

شرکت تاتا استیل ورق‌های گرم نورد با نام XPF را به عنوان تولید جدید خود معرفی کرده است. این محصول سال آینده به بازار عرضه می‌شود. براساس گفته تاتا استیل، این محصول به تولید کنندگان وسایل نقلیه این فرصت را می‌دهد که وزن اجزای شاسی تولیدی خود را تا ۱۰ درصد در مقایسه با تولید معمولی کاهش دهند، این در حالی است که هزینه تولیدی نیز تا ۵۰ درصد کاهش می‌یابد. لازم به ذکر است که شاسی یا فریم در اصل یک چهار چوب و ساختار است که معمولاً از فولاد سخت به شکل ناودانی ساخته می‌شود. بر روی این فولاد سخت، بخش‌هایی مانند موتور، سیستم انتقال قدرت، سیستم فربندی و سیستم ترمز و فرمان نصب می‌شود.

۱. منابع:

www.steeltimesint.com  
www.AIST.org  
www.steelonthenet.com  
www.fooladnews.com  
<sup>2</sup>Stollensky  
<sup>3</sup>Extra Processing Formability

### ◀ **سومین کنگره جهانی احیای مستقیم و گندله برگزار می‌شود**

سومین کنگره جهانی احیای مستقیم و گندله دوم تا چهارم ماه مارس سال ۲۰۱۵ میلادی با حضور کلیه صاحبان فناوری، مشاوران، بازرگانان، تولیدکنندگان به روش احیای مستقیم، فولادسازان و مصرف‌کنندگان در هتل ریتز کارلتون ابوظبی امارات متحده عربی برگزار می‌شود. در این کنگره در پتل‌های مختلفی به موضوعاتی همچون تأمین و در دسترس بودن آهن اسفنجی و گندله، قیمت‌گذاری گندله، استراتژی‌های خرید گندله، فناوری گندله‌سازی، تکنولوژی احیای مستقیم و آهن اسفنجی، قراضه فولاد، بازار آهن اسفنجی منطقه منا و جهان، سنگ آهن و آهن اسفنجی ایران، صنعت آهن اسفنجی و سنگ آهن و گندله هند، آهن اسفنجی مصر، قیمت گاز طبیعی و تأمین و در دسترس بودن آن پرداخته خواهد شد.

### ◀ **چین تولید فولاد خود را افزایش داد**

به گزارش انجمن آهن و فولاد چین، در ده روز نخست ماه دسامبر سال گذشته تولید روزانه فولادسازان لیدر چین ۲/۱ درصد رشد داشته و به یک میلیون و ۷۴۹ هزار تن در روز رسید. از آنجایی که فولادسازان چینی نگران حذف معافیت‌های مالیاتی صادرات فولاد از ژانویه هستند تلاشی مضاعف برای تسریع حمل محموله‌های صادراتی خود دارند. از این رو این افزایش در تولید تا پایان سال توجیه پذیر است. تا ۱۰ دسامبر مجموع موجودی محصولات فولادی در بازار داخلی چین ۲/۸ درصد رشد داشته به ۱۴ میلیون و ۷۰۹ هزار تن رسیده است.

### ◀ **ارتقاء سیستم گردش آب استولنسکای<sup>۲</sup>**

گروه فولادسازی روسیه NLMK، فاز دوم برنامه خود مبنی بر کاهش اثرات زیست محیطی مرکز سنگ آهن استولنسکای را آغاز کرده است. این مرکز تولیدکننده سنگ آهن و آگلومراسیون آن را برعهده دارد. با بکارگیری این تکنولوژی امکان استخراج آب از مواد باطله و تبدیل آن‌ها به تکه‌های ضخیم فراهم می‌آید. با این کار حدود ۸۰ درصد ذخیره سازی در آب صورت می‌گیرد و علاوه بر این اثرات زیست محیطی کارخانه نیز کاهش می‌یابد.

مواردی چون تحمل بیشترین میزان وزن و تنش، سبکی، کمترین حجم، سهولت در پیاده سازی سیستم، هزینه پایانی برای اجرای سیستم، توانایی تغییر فرم در نقاط مشخص برای بالاترین میزان جذب ضربه، توانایی حفظ استحکام و عدم تغییر فرم در قسمت‌های حیاتی برای حفظ توانایی مقاومت، قابلیت تعمیر ساده و بازیابی خصوصیات اولیه و سرانجام انتقال کمترین میزان لرزش و صدا به قسمت‌های درونی اتاق، از خصوصیات یک شاسی خوب است. کمپانی تاتا استیل ادعا می‌کند که سری جدید فولادهای این شرکت برای مقابله با چالش‌های شناخته شده فولادهای فعلی با استحکام زیاد در برابر تغییر فرم طراحی شده‌اند که با ترکیبی از استحکام زیاد، مقاومت خستگی بالا و قابلیت شکل‌دهی فوق‌العاده نیاز طراحان شاسی را برطرف می‌کند.

#### ◀ مجهز شدن کوره بلند شرکت NLMK روسیه به سیستم جمع‌آوری گرد و غبار

گروه فولادسازی روسیه NLMK با بکارگیری سیستم جمع‌آوری غبار در یکی از واحدهای تولیدی خود در آینده میزان انتشار گرد و غبار را تا ۵۰۴ تن در سال کاهش خواهد داد. میزان گازهای خروجی کوره بلند  $600000 \text{ m}^3/\text{h}$  است که این سیستم میزان گرد و غبار باقیمانده را به  $5 \text{ mg}/\text{m}^3$  کاهش می‌دهد.

#### ◀ آغاز به کار واحد جدید عملیات فلز مذاب در کارخانه کاکوگاوا ورکس<sup>۱</sup>

کاکوگاوا ورکس محصولات فولادی برای استفاده در صنعت خودرو، کشتی، ساختمان و پل‌سازی تولید می‌کند. این کارخانه در غرب ژاپن واقع شده و اخیراً واحد عملیات فلز مذاب در این کارخانه راه‌اندازی شده است. این واحد قرار است سیستم تولید را بهبود بخشد و با بالا بردن فروش در این کارخانه زمینه‌ساز حوزه رقابت شود. فرایند فلز مذاب عملیاتی برای حذف ناخالصی‌ها (گوگرد و فسفر) در آهن مذاب است. این واحد محصولات فولادی با کیفیت بالا نظیر سیم‌ها و میله‌های فولادی، صفحات فولادی با استحکام بالا در صنعت خودرو و صفحات خورشیدی که نیازمند درجه بالایی از تمیزی هستند، تولید می‌کند. برای تولید این فولادها عملیات فلز مذاب به عنوان یک عملیات اساسی لازم است. عملیات فلز مذاب شامل دو رآکتور برای گوگردزدایی و یک کوره فسفرزدایی است. واحد عملیات فولاد مذاب بازده واکنش را در عملیات گوگردزدایی و فسفرزدایی بالا می‌برد. بنابراین مصرف فلزات اضافی برای تصفیه را کاهش می‌دهد. با این تکنولوژی تقریباً ۶ بلیون ین ژاپن در سال برای کارخانه کاکوگاوا ورکس ذخیره‌سازی صورت می‌گیرد.

هند با تولید ۱۷,۸ میلیون تن آهن اسفنجی در رده اول و ایران با تولید ۱۴,۴۶ میلیون تن آهن اسفنجی در رده دوم جهان قرار دارند.

(کتاب مرجع فولاد ۹۳)

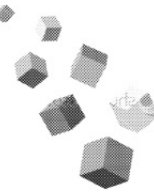
آیا می‌دانید؟

<sup>۱</sup>Kakogawa Works

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

Journal of Iron and Steel Research, International

Volume 21, Issue 12, Pages 1065-1158 (December 2014)



● **Growth Rate, Microstructure and Phase Composition of Oxide Scales for Three Typical Steels in Simulated Continuous Casting Process**

Nan WANG , Jian-hong DONG, Wei-jun HUANG, Bo LI, Min CHEN, Pages 1065–1072

● **Effect of Magnesium on Evolution of Oxide and Sulphide in Liquid Iron at 1873 K**

Tong-sheng ZHANG , De-yong WANG, Mao-fa JIANG, Pages 1073–1080

● **Vortex Flow Pattern in a Slab Continuous Casting Mold with Argon Gas Injection**

Zhong-qiu LIU , Feng-sheng QI, Bao-kuan LI, Mao-fa JIANG, Pages 1081–1089

● **Mass Loss and Direct Reduction Characteristics of Iron Ore-coal Composite Pellets**

Yi MAN , Jun-xiao FENG, Yan-mei CHEN, Jing-zhi ZHOU, Pages 1090–1094

● **Effect of Electromagnetic Stirring on Molten Steel Flow and Solidification in Bloom Mold**

Zhen-guo YANG, Bao WANG, Xiao-feng ZHANG, Ya-tao WANG, Hong-biao DONG, Qing LIU, Pages 1095-1103

● **3D Thermo-mechanical Coupled Simulation of Whole Rolling Process for 60 kg/m Heavy Rail**

Nuan-nuan PEI , Guo-ming ZHU , Bo LI, Gong-ming TAO, Yong-lin KANG, Pages 1104-1110

● **Effect of Strengthening Phase on Deformation Behaviour during Uniaxial Tension of Hot-rolled Dual Phase Steel**

Le-yu ZHOU , Bo JIANG, Tian-hao CUI, Dan ZHANG, Jian-zhong HE, Ya-zheng LIU, Pages 1111-1115

● **Flow Stress Behaviors and Microstructure Evolution of 300M High Strength Steel under Isothermal Compression**

Rong-sheng QI , Bao-feng GUO, Xin-gang LIU, Miao JIN, Pages 1116-1123

● **Factors Influencing Dual Phase Steel Flanging Limit Punching**

Jian-qing QIAN , Yuan YUE, Pages 1124-1128

● **Effects of Hot Bending Parameters on Microstructure and Mechanical Properties of Weld Metal for X80 Hot Bends**

Xu WANG, Bo LIAO, Da-yong WU, Xiu-lin HAN, Yuan-sheng ZHANG, Fu-ren XIAO, Pages 1129–1135

● **Non-equilibrium Grain-boundary Segregation of Phosphorus in an Fe-17Cr Alloy**

Kai WANG, Hong SI, Pages 1136-1139

● **Precipitation Strengthening by Nanometer-sized Carbides in Hot-rolled Ferritic Steels**

Xiao-pei WANG, Ai-min ZHAO, Zheng-zhi ZHAO, Yao HUANG, Zhi-da GENG, Yang YU, Pages 1140-1146

● **Metallurgical Studies of Austenitic Stainless Steel 304 under Warm Deep Drawing**

Jayahari Ladea, Balu Naik Banothb, Amit Kumar Guptac, Swadesh Kumar Singh, Pages 1147-1151

● **Microstructure and Properties of an Advanced Nickel-base PM Superalloy**

Chao-jie WU, Yu TAO, Jian JIA, Pages 1152-1158

## ترجمه‌ی سه چکیده مقاله از مجله:

**Journal of Iron and Steel Research, International**  
**Volume 21, Issue 12, Pages 1065-1158 (December 2014)**

### تأثیر منیزیم بر تحول اکسید و سولفید در آهن مذاب در دمای ۱۸۷۳ کلوین

#### Effect of Magnesium on Evolution of Oxide and Sulphide in Liquid Iron at 1873 K

برای تعیین تأثیر منیزیم بر انبساط حرارتی اکسید و سولفید در آهن مذاب، محاسبات ترمودینامیکی و آزمایشات اکسیژن‌زدایی انجام گرفت. نمونه‌های استخراج شده از آهن مذاب بعد از پولیش بوسیله میکروسکوپ نوری و الکترونی تحت آنالیز قرار گرفتند. نتایج بدست آمده حاکی از این امر بود که منیزیم می‌تواند منجر به اصلاح آخال‌های اکسیدی و سولفیدی به طور همزمان شود. آخال‌های کرومی  $MgO$  و اسپینلی نامنظم در نمونه‌ها مشاهده گردید. آخال‌های  $MnS$  کشیده شده با آخال‌های ترکیبی  $MgO$ ،  $MgS$ ،  $MnS$  جایگزین و سولفیدها به صورت پراکنده توزیع شدند. مکانیزم تحول آخال‌ها بصورت کامل مورد بحث قرار گرفت و مدلی نیز برای تشکیل اکسی-سولفید ارائه گردید.

### جدایش مرزدانه‌ای غیر تعادلی فسفردر آلیاژ Fe-17Cr

#### Non-equilibrium Grain-boundary Segregation of Phosphorus in an Fe-17Cr Alloy

برای تثبیت مشخصه جدایش فسفردر آلیاژ Fe-17Cr در مرز دانه، از طیف‌نمایی الکترونی اوژه استفاده گردید. نتایج نشان داد که ماکزیم جدایش فسفر در دمای ۴۵۰ درجه سانتی‌گراد برای همه نمونه‌هایی که عملیات پیرسازی به مدت ۳۰ دقیقه در دماهای ۴۵۰، ۴۰۰، ۴۵۰ و ۵۰۰ درجه سانتی‌گراد و بعد از عملیات انحلالی در دمای ۱۰۰۰ درجه سانتی‌گراد به مدت ۱ ساعت انجام شده است، نمایان می‌گردد.

### رسوب سختی فولادهای کم آلیاژ استحکام بالا با کاربیدهای نانومتری

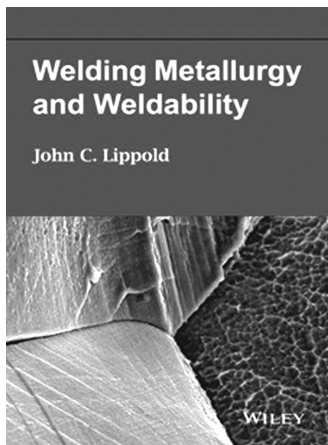
#### Precipitation Hardening of High-strength Low-alloy Steels by Nanometer-sized Carbides

تأثیر اضافه سازی میکرو آلیاژهای  $Ti$ ،  $Ti-Mo$ ،  $Ti-Nb$  بر رسوب سختی سه فولاد کم آلیاژ استحکام بالا بررسی گردیده است. هدف این مقاله مطالعه رسوب کاربید تحت شرایط سردکردن پیوسته و منقطع است. مشخص شد که کاربید ترکیبی مولیبدن-تیتانیم  $(Ti, Nb)C$ ، قویاً سبب تشکیل ساختارهای نانومتری می‌شود که حداکثر سختی را در مقایسه با کاربید تیتانیم  $TiC$  و کاربید ترکیبی نیوبوم-تیتانیم  $(Ti, Nb)C$  ایجاد می‌کند. همچنین نتایج تأکید بر این دارد که ذرات کاربیدی مولیبدن-تیتانیم رفتار فوق العاده‌ای در پایداری حرارتی دارا هستند.





## معرفی کتاب



### عنوان کتاب: متالورژی جوش و جوش پذیری

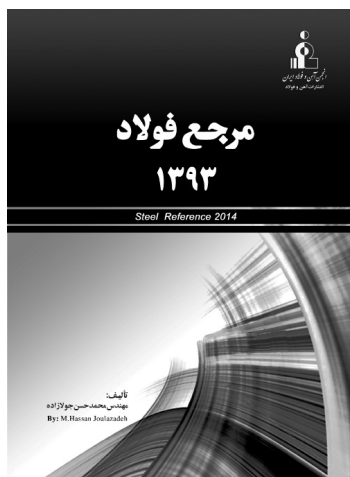
عنوان انگلیسی: Welding Metallurgy and Weldability

نویسنده: John C. Lippold

سال نشر: ۲۰۱۳

### معرفی:

این کتاب به بررسی جوش پذیری ساختارهای مختلف فلزی از جمله: فولادها، فولادهای زنگ‌نزن، آلیاژهای پایه نیکل و آلومینیم بکاررفته در علوم مهندسی پرداخته است. مکانیزم‌های پایه‌ای و روش‌های بهبود جوش پذیری در فصل‌های اول این کتاب توضیح داده شده و موضوعاتی شامل انجماد، ترک گداز، ترک حالت جامد، ترک هیدروژنی، خوردگی، خستگی و شکست در فصل‌های بعدی این کتاب مورد بحث است. مواد و روش‌های مختلف برای تفسیر شکست جوش با استفاده از تکنیک‌های محاسباتی و مشخصه‌یابی نیز در این کتاب گنجانده شده است.



### عنوان کتاب: مرجع فولاد ۹۳

نویسنده: مهندس محمدحسن جولزاده

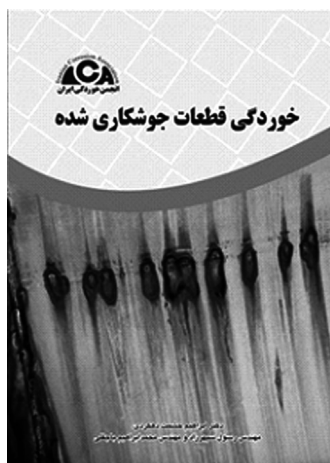
سال نشر: ۱۳۹۳

قیمت: ۱۵۰۰۰۰ ریال

تعداد صفحات: ۱۸۲

### معرفی:

امروزه، 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 آماری و شاخص‌های مهم صنایع فولاد ایران و جهان می‌باشد، جهت استفاده در زمینه‌های کاری، با به کارگیری تجارب و منابع مختلف صنایع فولاد ایران و دنیا برای بار پنجم منتشر نماید. به یاری خداوند منان، قرار است کتاب مرجع فولاد همه ساله با اطلاعات و آمارهای به روز شده و جدید به چاپ برسد.



## عنوان کتاب: خوردگی قطعات جوشکاری شده

عنوان انگلیسی: Corrosion of Weldments

مؤلف: J. R. Davis

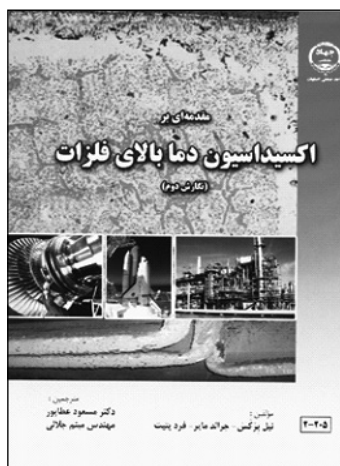
مترجمین: دکتر ابراهیم حشمت دهکردی، مهندس رسول سپهرزاد و مهندس محمد ابراهیم باجقلی

ناشر: انتشارات انجمن خوردگی ایران

سال نشر: ۱۳۹۳

### معرفی:

این کتاب در دوازده فصل تهیه گردیده که در فصل اول، مفاهیم پایه‌ای مرتبط با خوردگی قطعات جوشکاری شده توضیح داده شده است. در فصل دوم، سوم، چهارم، پنجم و ششم به ترتیب، خوردگی قطعات جوشکاری شده از جنس فولادهای کربنی و کم آلیاژ، فولادهای زنگ‌نزن آستنیتی، فولادهای زنگ‌نزن فریتی، فولادهای دوپلکس و فولادهای مارتنزیتی بیان شده است. فصل ۷ خوردگی قطعات جوشکاری شده از جنس آلیاژهای پایه نیکل را توضیح می‌دهد. فصل ۸ انواع خوردگی ناشی از فرایند جوشکاری فلزات غیر آهنی (نظیر مس، آلومینیوم، تیتانیوم، زیرکونیوم، و تانتالیم) و فصل ۹، اتصالات نامشابه را مورد بررسی قرار می‌دهد. در فصل ۱۰ خوردگی قطعات جوشکاری شده در محیط‌های خورنده خاص نظیر خوردگی جوش‌ها در محیط‌های تنشی، محیط  $H_2S$  راکتورهای آبی جوشان، ترک خوردگی تنشی جوش‌ها، خوردگی در صنایع نفت و گاز، پتروشیمی، پالایشگاه، نیروگاه، کاغذ و چوب و غیره را، بررسی می‌کند. در فصل ۱۱ نحوه پایش خوردگی و آزمایش‌های مربوط به خوردگی جوش‌ها بیان شده است. فصل ۱۲ در کتاب اصلی انگلیسی وجود ندارد ولی مترجمین بنا به ضرورت، این فصل را به کتاب افزوده‌اند که مطالبی پیرامون رعایت دفعات تعمیر قطعات جوشکاری شده، استانداردهای کیفیت آب هایدروتست، اسیدشوئی و سایر موارد اجرایی پیش راه اندازی پروژه‌ها، را شامل می‌شود.



## عنوان کتاب: مقدمه‌ای بر اکسیداسیون دما بالای فلزات

عنوان انگلیسی: Introduction to the High-Temperature Oxidation of Metals

نویسنده: نیل برکس، جرالده مایر، فرد پتیت

مترجمین: دکتر مسعود عطاپور، مهندس میثم جلالی

تعداد صفحه: ۴۸۹

سال نشر: ۱۳۹۲

قیمت: ۱۹۵۰۰۰ ریال

کتاب "مقدمه‌ای بر اکسیداسیون دما بالا فلزات" در برگیرنده مطالبی در زمینه اکسیداسیون فلزات و آلیاژها در دمای بالا، مکانیزم‌های اکسیداسیون، مبانی ترمودینامیکی و سینتیکی اکسیداسیون، خوردگی داغ و فرسایش مواد در دمای بالا می‌باشد. ضمناً در این کتاب به معرفی پوشش‌های محافظ و روش‌های پیشگیری از تخریب مواد در دماهای بالا نیز پرداخته شده است.

# گوناگون

## نقش فلزات در تهیه رنگ‌های شیمیایی و گیاهی

سعید دوازده امامی، استادیار مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی اصفهان

رناس یکی از مهمترین رنگ‌های گیاهی در رنگرزی ایران بویژه در تهیه رنگ قالی است. رنگ قرمز رناسی از پودر کردن ریشه گیاه رناس بدست می‌آید اما برای ایجاد تنوع رنگ لازم است ترکیبات دیگری هم به پاتیل رنگرزی اضافه شود تا رنگ‌های فیلی، زرد، قرمز و مانند آن بدست آید. خواص ضد عفونی کننده مواد مختلف مانند ید، کلر، آمونیاک، آهک و مواد فلزی مانند نقره و نمک‌های آن، ترکیبات معدنی جیوه و مانند آن از سده‌های گذشته به اثبات رسیده است. چون برخی از این مواد فلزی از گذشته به رنگ‌ها اضافه می‌شده‌اند اثر ضدباکتریایی و قارچی رنگ‌ها قبل از استفاده گسترده از رنگ در تزیین، مورد توجه قرار گرفت. نقره و بسیاری از فلزات سنگین در غلظت‌های خیلی کم (در حد پی پی ام) اثر ضد باکتریایی دارند. این اثر اصطلاحاً اثر اولیگو دینامیک گفته می‌شود. نمک‌های مختلف این فلزات هم کاربردهای ضد عفونی کننده دارند. اثر رنگ‌ها بعنوان ضد عفونی کننده (بویژه با باکتری‌های گرم مثبت) در سال ۱۹۱۲ میلادی اثبات گردید. این امر باعث کاربرد بالینی وسیع رنگ‌ها شد. در حال حاضر رنگ‌ها یک گروه اصلی در طبقه‌بندی مواد ضد عفونی کننده و گندزدا محسوب می‌شوند. اثر ضد باکتریایی اکریدین زرد، اثر متوقف کنندگی رنگ‌های جیوه‌ای، اثر نقره و املاح آن بر زخم‌های عفونی همه نشان دهنده نقش ضد عفونی کننده فلزات موجود در رنگ‌ها دارد. البته لازم به ذکر است مواد دیگری در گیاهان وجود دارند مانند فنل‌ها، تانن‌ها و برخی اسیدهای آلی که نقش کنترل کنندگی بر میکروب‌ها دارند. پس اگرچه فلزات به عنوان دندانه به رنگ‌های شیمیایی و گیاهی اضافه می‌شوند تا ثبات و تنوع آن را بالا ببرند اما این امر باعث گند زدا شدن رنگ‌ها هم می‌شود.

تشخیص رنگ فرآیندی حاصل از هماهنگی چشم (دریافت مادی) و مغز (درک روانی) و ناشی از دریافت انعکاس بخشی از امواج تابشی بر اشیاء است. بسیاری از پدیده‌ها با رنگ هويت می‌یابند. بطوری که در گذشته داروهای بی رنگ اثرات درمانی کمتری بر بیماران نشان می‌داده‌اند. خاصیت تولید رنگ از جنبه‌های بسیار ارزشمند گیاهان است که از زمان باستان مورد توجه انسان بوده است. برخی از گیاهان بطور اختصاصی برای تولید رنگ کاشته می‌شوند مانند آناتو، رناس، نیل، حنا و پاپریکا. اما برخی دیگر در کنار سایر خصوصیات درمانی و غذایی در تهیه رنگ هم می‌توانند مورد استفاده قرار گیرند مانند زردچوبه و زعفران.

در تولید رنگ علاوه بر ماده اصلی که می‌توان از گیاهان یا حیوانات یا به روش شیمیایی تهیه کرد مواد دیگری به رنگ اضافه می‌شوند که اصطلاحاً دندانه نامیده می‌شود. این مواد بر برخی ویژگی‌های رنگ مانند ثبات رنگ در مقابل نور و نیز شستشو، تغییر طیف رنگ و شفافیت رنگ اثر دارند. اضافه کردن فلزات سنگین مانند جیوه، نقره، آهن و سرب به رنگ‌ها بدین منظور انجام می‌شود. اما این مواد جزء آلوده کننده‌های محیط زیست محسوب می‌شوند. به همین دلیل در قرن حاضر رنگ‌های مصنوعی (مانند آلزارین صنعتی) که بعلاوه تنوع بالا، سهولت تولید انبوه و ارزانی بسرعت جایگزین رنگ‌های طبیعی شده‌اند. اما بروز اثرات زیست محیطی ناشی از رهاسازی بقایای آن‌ها (مانند فلزات سنگین) در طبیعت و مشاهده اثرات جانبی بوجود آمده ناشی از مصرف خوراکی آن‌ها در دو دهه اخیر باعث رویکرد مجدد جوامع به کاربرد رنگ‌های طبیعی بویژه رنگ‌های گیاهی (مانند ماده رنگی چغندر لبویی) شده است.

## تحلیل و ارزیابی تأمین فولادهای آلیاژی و اثرگذاری آن بر صنایع نفت، گاز و پتروشیمی ایران

بردیا نخجوان

مدیرعامل شرکت مهندسی بازرگانی پترو فلز سازه

ذخایر گاز جهان، در اعماق آب و خاک ایران جای گرفته است. منابع نفتی بصورت گسترده‌ای از جنوبی‌ترین آب‌های خلیج فارس تا شمالی‌ترین آب‌های بحر خزر و نیز منابع غنی گاز در شرق کشور در منطقه ی سرخس تا غرب کشور در منطقه نفت شهر و ایلام گسترش یافته است. همانطور که می‌دانیم صنایع نفت و گاز نقش تأمین‌کننده‌ای در اقتصاد ایران داشته و همچنان بعنوان مهمترین منبع تأمین اعتبارات کشور به شمار می‌رود به نحوی که هم اکنون حدود ۸۰ درصد اقتصاد کشور وابسته به درآمدهای حاصل از صادرات نفت و گاز بوده ضمن آنکه ۸۰٪ از انرژی مورد نیاز کشور نیز از منابع فسیلی تأمین می‌گردد. اجرای این حجم عظیم از شبکه نفت و گاز و تأسیسات وابسته، مستلزم بهره‌گیری از تکنولوژی بسیار پیشرفته و همچنین حجم وسیعی از فولادهای آلیاژی جهت تجهیز پروژه‌های حفاری و بهره‌برداری، انتقال، پالایش، مخازن پایانه‌ها و صنعت گسترده پتروشیمی می‌باشد. کشور ایران در زمینه تولید فولادهای آلیاژی نظیر ورق‌ها جهت بویلرها و مخازن تحت فشار بالا، لوله‌ها با گریدهای خاص بدون درز و ضد گاز ترش و همینطور ولوهای تخصصی صنایع نفت و گاز و پتروشیمی غالب نیاز خود را از کشورهای دیگر تأمین می‌کند و تنها کارخانجاتی نظیر فولاد مبارکه و یا اکسین در مقاطعی از سال برخی از مشخصه‌های فولادی را تولید می‌کنند که آن هم از تنوع کمی برخوردار است و به طور منظم از یک نوع مشخصه فولادی به خصوص ممکن است تولید نشود. لازم به ذکر است که متأسفانه در بخش فولادهای ضدزنگ یا استنلس استیل و سوپر آلیاژها نظیر داپلکس، مونل، اینکونل به هیچ عنوان نتوانسته خودی نشان دهد. بنابراین با کوچکترین تحریم و تهدیدی، صنعت نخست کشور، می‌تواند به چالش کشیده شود، چرا که پروسه واردات و گشایش اعتبارات اسنادی و فعالیت‌های مالی و بانکی بلافاصله تحت تأثیر اینگونه سیاست‌ها قرار می‌گیرند. در پایان به نظر می‌رسد که می‌بایست این مهم را پذیرفت که صنعت فولاد را تنها مرتبط و منحصر به صنعت ساختمان نباید قلمداد کرد و از غالب تک بعد نگری به این عرصه گسترده باید فاصله گرفت تا بتوان پتانسیل و استعدادهای بالقوه‌اش را شکوفا ساخت.

امروزه تولید و مصرف فولاد، یکی از شاخص‌های اصلی توسعه یافتگی کشورها به شمار می‌آید. همینطور حضور صنعت فولاد در یک منطقه بر فرایند اشتغال زایی، و تجارت آن منطقه تأثیر بسزایی دارد.

محصولات فولادی در ساخت سازه‌های گوناگون، کارخانه‌ها راه‌ها و وسایل ارتباطی، انتقال انرژی و سیالات و تجهیز و گسترش صنایع نفت، گاز و پتروشیمی به کار گرفته می‌شوند که این مسئله نشانگر تأثیر شگرف صنعت فولاد بر رشد و شکوفایی کشور می‌باشد. با توجه به آنکه در ۱۰ سال گذشته همواره میزان مصرف فولاد ایران بیشتر از میزان تولید داخلی بوده است، سرمایه‌گذاری و رشد صنعت فولاد در کشور اقتصادی و منطقی به نظر می‌آید؛ مشروط بر اینکه محل احداث، فرایند تولید، تأمین منابع طبیعی و انرژی و مدیریت پروژه صحیح انتخاب شده باشد. هدف گذاری دولت ایران در افر ۱۴۰۴ رسیدن به تولید ۵۵ میلیون تن فولاد خام است.

ایران رتبه پانزدهم و سهمی کمتر از یک درصد از تولید جهانی را به خود اختصاص داده است. سهمی که به اعتقاد کارشناسان با توجه به منابع عظیم معدنی، نفتی و گازی موجود و همچنین داشتن سایر مزیت‌های نسبی، بسیار کم است. اما در مقابل کشور همسایه ایران، ترکیه در سال‌های گذشته بیشترین پیشرفت را در این بازار به خود اختصاص داده است و با وجود نداشتن منابع سرشار انرژی مانند همسایه‌اش، به یکی از بزرگ‌ترین کشورهای تولید کننده فولاد در جهان تبدیل شده است. وجود امکانات فراوان از جمله مواد اولیه، انرژی، نیروی انسانی ماهر، دستیابی به آب‌های آزاد و بازار مصرف ۱۴ کشور همسایه، فرصت مناسبی را برای همکاری با شرکت‌های خارجی در سرمایه‌گذاری و تبادل فن آوری مهیا کرده است. فولادهای آلیاژی غالباً با فلزهای دیگری نیز همراهند. همچنین خواص فولاد به درصد کربن موجود در آن، عملیات حرارتی انجام شده بر روی آن و فلزهای آلیاژ دهنده موجود در آن بستگی دارد. فولاد پر مصرف‌ترین فلز صنعتی است و مصرفش پیوسته افزایش می‌یابد و در ایران بیشترین مصرف کننده فولادهای آلیاژی، پروژه‌های صنایع نفت و گاز و پتروشیمی می‌باشند. قریب ۹ درصد از ذخایر شناخته شده‌ی نفت و ۱۷ درصد از



## بین‌المللی سمینارهای

No	Title	Location	Date	Organization
1	10 <sup>th</sup> European Conference on Industrial Furnaces and Boilers	Gaia, Portugal	7-10 April 2015	INFUB
2	AISTech 2015	Cleveland Convention Centre, Cleveland, Ohio, USA	04 - 07 May 2015	Association for Iron & Steel Technology (AIST)
3	International Conference on Metallurgy and Materials METAL 2015	Hotel Voronez I, Brno, Czech Republic, EU	3-5 June 2015	TANGER, Ltd
4	Metallurgy Litmash 2015	Expo Centre, Moscow	08 - 11 June 2015	Messe Dusseldorf.
5	The 14 <sup>th</sup> Worldwide Congress on Refractories	Hofburg in Vienna, Austria	15-18 September 2015	UNITECR
6	28 <sup>th</sup> ASM Heat Treating Society Conference and Exposition	Cobo Center Detroit, Michigan, USA	20 - 22 October 2015	Asminternational

## داخلی سمینارهای

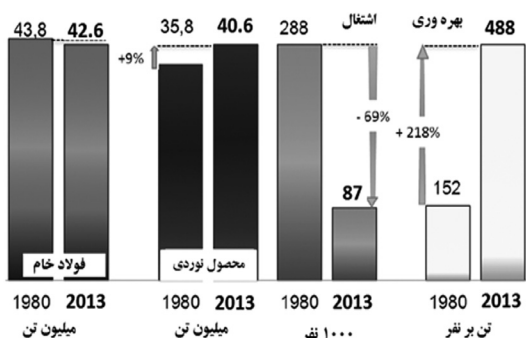
پایگاه اینترنتی	زمان	عنوان	ردیف
<a href="http://8ifcs.iaun.ac.ir">http://8ifcs.iaun.ac.ir</a>	۲۹ و ۳۰ بهمن ۱۳۹۳	هشتمین سمینار ملی پیل سوختی ایران	۱
<a href="http://www.issiran.com">http://www.issiran.com</a>	۵ و ۶ اسفند ۱۳۹۳	سمپوزیوم فولاد ۹۳	۲
<a href="http://www.issconf.ir">http://www.issconf.ir</a>	۶ و ۱۷ اسفند ۹۳	پنجمین کنفرانس ملی و اولین کنفرانس بین‌المللی سازه و فولاد	۳
<a href="http://iranhamayesh.ir">http://iranhamayesh.ir</a>	۲۰ اسفند ۱۳۹۳	همایش ملی مجازی پژوهش‌های کاربردی در علوم پایه و مهندسی	۴
<a href="http://www.ema2015.ir">http://www.ema2015.ir</a>	۲۵ اسفند ۱۳۹۳	همایش الکترونیکی پژوهش‌های نوین در علوم و فناوری	۵

## نیروی انسانی صنایع فولاد

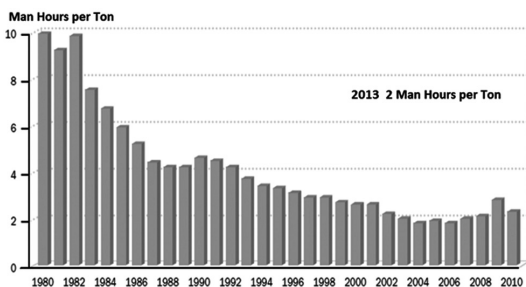
تهیه و تنظیم: مهندس محمد حسن جولازاده

مشاور عالی شرکت ککک طبس

در حالیکه در سال ۲۰۱۳ این نرخ به ۲ نفر ساعت بازای هر تن محصول نوردی ارتقاء یافته است. در بعضی از کارخانه‌های فولاد امریکا این نرخ زیر ۱ نفر ساعت بازای هر تن محصول نوردی گزارش شده است. این افزایش بهره‌وری نیروی انسانی به سبب افزایش سهم کوره‌های قوس الکتریکی و مینی میل‌ها در تولید فولاد، استفاده از فناوری‌های جدید ریخته‌گری شمش شبیه محصول نهایی و CSP (پیوستن واحد ریخته‌گری مداوم به خط تولید نورد)، ارتقاء سطح اتوماسیون و بازآموزی کارکنان بوده است.



شکل ۱. مقایسه تولید فولاد خام، محصول نهایی و تعداد کارکنان و بهره‌وری تولید نیروی انسانی صنایع فولاد کشور آلمان در سال ۱۹۸۰ و ۲۰۱۳



شکل ۲. روند افزایش بهره‌وری نیروی انسانی صنایع فولاد امریکا.

مقایسه بهره‌وری نیروی انسانی صنایع فولاد کشورهای مختلف جهان بر اساس شاخص نفر ساعت بازای هر تن محصول نوردی در سال ۲۰۰۳ انجام گرفته و نتایج حاصله در شکل ۳ آورده شده است. همانطور که در شکل ۳ ملاحظه می‌گردد بهره‌وری نیروی انسانی از ۲ تا ۳۸ نفر ساعت بر تن محصول متغیر

صنایع فولاد یکی از رشته‌های مهم اشتغال‌زا به شمار می‌آید. بطور مثال بازای هر نفر شاغل بطور میانگین ۵۰۰ تن فولاد در سال تولید می‌شود. بعبارت دیگر برای تولید یک میلیون تن محصولات فولادی، ۲۰۰۰ نفر اشتغال پیدا می‌کنند و از طرف دیگر بازای هر نفر شاغل ۲۵ نفر بطور غیر مستقیم صاحب شغل می‌شوند. بهره‌وری نیروی انسانی صنایع فولاد بستگی به عوامل ذیل دارد:

- ۱- سطح اتوماسیون
- ۲- تجربه کاری و انتقال آن
- ۳- فرآیند فولادسازی انتخاب شده
- ۴- سطح فناوری بکار گرفته شده
- ۵- سطح آموزش (کمیت و کیفیت)
- ۶- سطح بهداشت صنعتی، ایمنی و محیط زیست
- ۷- دستمزد
- ۸- فرهنگ، اخلاق و وجدان کاری
- ۹- شیوه مدیریت

ضمناً مقایسه بهره‌وری نیروی انسانی (تعداد شاغلین) در کارخانه‌های فولادسازی باید براساس تعریف مشخص و در شرایط مساوی ذکر شده، صورت پذیرد. بطور مثال بهره‌وری نیروی انسانی یا بر اساس تولید فولاد خام و یا محصولات نوردی سنجیده شود. بطور معمول بهره‌وری نیروی انسانی به دو صورت محاسبه می‌شود.

الف: تولید سالانه بازای هر نفر شاغل برحسب تن

ب: نفر ساعت بکار رفته برای تولید یک تن فولاد

در شکل ۱ مقایسه تولید فولاد خام، محصول نهایی، تعداد کارکنان و بهره‌وری نیروی انسانی در صنایع فولاد کشور آلمان در سال ۱۹۸۰ و ۲۰۱۳ مشاهده می‌گردد. شکل ۲ نیز روند افزایش بهره‌وری نیروی انسانی صنایع فولاد امریکا طی سال‌های ۱۹۸۰ و ۲۰۱۰ بر حسب نفر ساعت بازای هر تن محصول نوردی نمایش می‌دهد. شایان ذکر است بهره‌وری نیروی انسانی صنایع فولاد کشور امریکا در سال ۱۹۵۳ بالغ بر ۱۶٫۵ نفر ساعت بازای هر تن محصول نوردی بوده است.

در جدول ۱، آنالیز بهره‌وری نیروی انسانی مراحل مختلف تولید فولاد در کشور امریکا نشان داده شده است.

جدول ۱. آنالیز بهره‌وری نیروی انسانی مراحل مختلف تولید فولاد امریکا.

مراحل تولید	بهره وری نیروی انسانی (نفر ساعت بر تن محصول)
کستاره	۰/۱
پلت سازی	۰/۲۰۵
آهن اسفنجی	۰/۱۷
کوره قوس الکتریکی	۰/۷۴
ریخته‌گری مداوم	۰/۴۸

محاسبه بهره‌وری نیروی انسانی (تعداد شاغلین) در یک شرکت فولاد با ظرفیت تولید ۱٫۵ میلیون تن در سال، که دارای فرآیند تولید فولاد به روش کوره قوس الکتریکی با شارژ ترکیبی آهن اسفنجی و قراضه می باشد به روش زیر صورت می‌گیرد:

• میزان تولید سالانه هر مرحله تولید فولاد، مطابق جدول ۲ می باشد.

جدول ۲. ظرفیت تولید قسمت های مختلف یک شرکت فولاد با ظرفیت تولید ۱٫۵ میلیون تن در سال.

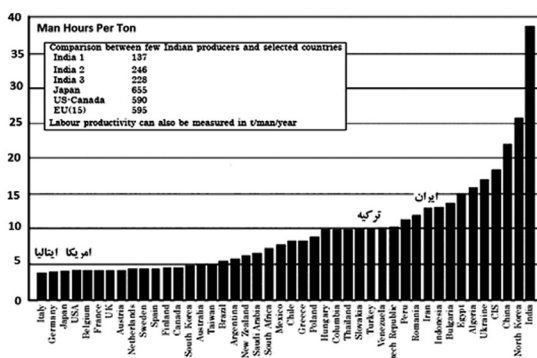
مراحل تولید	ظرفیت تولید (میلیون تن در سال)
کستاره	۲
پلت سازی	۲
آهن اسفنجی	۱٫۵
کوره قوس الکتریکی	۱٫۵
ریخته‌گری مداوم	۱٫۵

• اگر بخواهیم با استفاده از نرخ های یاد شده در جدول ۱ بهره‌وری نیروی انسانی را برای یک شرکت فولاد با ظرفیت تولید ۱٫۵ میلیون تن در سال محاسبه کنیم نتایج به شرح جدول ۳ خواهد شد (در محاسبات تعداد روزهای کاری ۳۳۰ روز و مدت زمان کار روزانه ۸ ساعت در نظر گرفته شده است). در جدول ۴ تعداد کارکنان شرکت فولاد قطر در سال‌های اخیر نشان داده شده است.

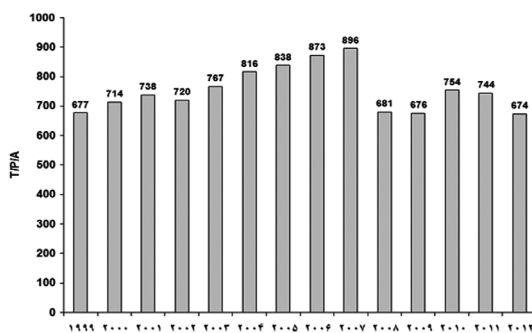
جدول ۳. برآورد تعداد کارکنان خط تولید یک شرکت فولاد با ظرفیت تولید ۱٫۵ میلیون تن در سال.

مراحل تولید	محاسبه	تعداد کارکنان (نفر)
کستاره	$2 \times 10^6 \times 0.1 = 330 \times 8 \times X_1$	$X_1 = 76$
پلت سازی	$2 \times 10^6 \times 0.205 = 330 \times 8 \times X_2$	$X_2 = 156$
آهن اسفنجی	$1.5 \times 10^6 \times 0.17 = 330 \times 8 \times X_3$	$X_3 = 96$
کوره قوس الکتریکی	$1.5 \times 10^6 \times 0.74 = 330 \times 8 \times X_4$	$X_4 = 420$
ریخته‌گری مداوم	$1.5 \times 10^6 \times 0.48 = 330 \times 8 \times X_5$	$X_5 = 273$
کل نفوات	-	$X_6 = 925$

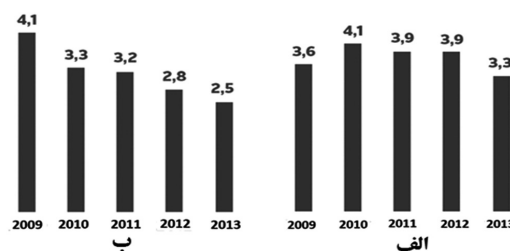
می‌باشد که میزان آن در ایران، ۱۳ نفر ساعت بر تن محصول نهایی می باشد. دامنه این تغییرات در بهره‌وری نیروی انسانی ناشی از ۹ عامل بیان شده، می باشد. در شکل ۴ روند افزایش بهره‌وری نیروی انسانی صنایع فولاد کشور اسپانیا بر اساس میزان تولید فولاد خام به ازای هر نفر شاغل نشان داده شده است. افت بهره‌وری نیروی انسانی کشور اسپانیا در سال ۲۰۰۹ بدلیل کاهش تولید فولاد (بحران اقتصادی جهان) و ثابت ماندن تعداد کارکنان این کشور بوده است. باید توجه کرد که این نرخ‌های بهره‌وری نیروی انسانی براساس ترکیب محصولات و فرآیند تولید فولادسازی (برای سال ۲۰۱۳، ۷۰٫۵ درصد کوره قوس الکتریکی و ۲۹٫۵ درصد کنورتر اکسیژنی بازی) ارائه شده است. در شکل ۵ روند بهره‌وری نیروی انسانی شرکت اردمیر و ایسدمیر ترکیه بر حسب نفر ساعت بر تن از نظر می‌گذرد.



شکل ۳. مقایسه بهره‌وری نیروی انسانی صنایع فولاد کشورهای مختلف.



شکل ۴: روند افزایش بهره‌وری نیروی انسانی صنایع فولاد کشور اسپانیا.



شکل ۵. روند افزایش بهره‌وری نیروی انسانی در شرکت اردمیر (الف) و ایسدمیر (ب) ترکیه.

در جدول ۶ هزینه‌های نفر ساعت در صنایع فولاد کشورهای مختلف جهان ارائه شده است. هزینه‌های نیروی انسانی در آلمان و اکرین به ترتیب ۳۴,۱ و ۰,۸ دلار بر ساعت است.

جدول ۴. منابع نیروی انسانی شرکت فولاد قطر.

	۲۰۰۹	۲۰۱۰	۲۰۱۱	۲۰۱۲	۲۰۱۳
کاکتان تمام وقت	۱۶۸۵	۱۷۴۳	۱۸۰۹	۱۸۲۶	۲۱۰۴
پیمانکاران تمام وقت	۲۹۱	۲۹۱	۳۳۶	۳۴۶	۳۵۰

جدول ۵. سهم کارکنان بخش‌های مختلف صنایع فولاد امریکا

رشته	% کارکنان
متخصص و مهندس رایانه	۴
مدیریت و تجارت	۵
فروش و پشتیبانی	۹
حمل و نقل	۱۵
تعمیر و نگهداری و ساختمان سازی	۱۶
تولید	۵۱

جدول ۶. هزینه‌های نفر ساعت در صنایع فولاد کشورهای مختلف جهان

کشور	دلار بر ساعت	کشور	دلار بر ساعت
استرالیا	۲۴,۶	قزاقستان	۱
برزیل	۳,۲	کره	۱۴,۱
کانادا	۲۳,۷	مکزیک	۲,۵
چین	۱,۱	اسپانیا	۱۷,۶
چک	۶,۱	سوئد	۲۹,۷
فرانسه	۲۵,۳	تایوان	۶,۴
آلمان	۳۴,۱	اکراین	۰,۸
هند	۰,۹	انگلستان	۲۶
ایتالیا	۲۱,۷	امریکا	۲۳,۸
ژاپن	۲۱,۴		

سهم کارکنان بخش‌های مختلف صنایع فولاد امریکا مطابق جدول ۵ می‌باشد. همانطور که در جدول ۵ مشاهده می‌گردد، تعداد کارکنان واحد بهره برداری نسبت به کل کارکنان ۵۱ درصد است. با توجه به شرایط ایران و فرآیند تولید، ضریب برای محاسبه کل کارکنان مورد نیاز برای یک شرکت فولاد با ظرفیت تولید ۱,۵ میلیون تن در سال لحاظ می‌گردد، لذا کل کارکنان مورد نیاز برای این واحد صنعتی در حدود  $3000 \approx 1.65 \times (925 \div 0.51) \times 7 = X$  نفر می‌باشد. شایان ذکر است تعداد شغل‌های واگذار شده (به پیمان داده شده) از این تعداد کسر خواهد شد. با توجه به فرهنگ کاری در ایران می‌توان سهم قسمت بهره‌برداری را ۶۰ الی ۶۵ درصد در نظر گرفت. بعنوان مثال در صنایع فولاد کشور برزیل سهم نیروی انسانی در قسمت‌های تولید و تعمیرات، پشتیبانی تولید و توسعه به ترتیب ۶۱,۲۱ و ۱۸ درصد می‌باشد. خاطر نشان می‌گردد که با توجه شرایط کاری می‌توان تعداد نفرات را نیز کم و یا زیاد نمود زیرا استاندارد مشخصی برای تعیین تعداد کارکنان واحدهای فولادسازی وجود ندارد. تعیین این شاخص با در نظر داشتن شرایط محیط کاری و مقایسه با پنج مارک‌های معتبر صنایع فولاد جهان امکان پذیر می‌باشد. پایش مداوم و تجدید نظر در چارت سازماندهی در طول مدت بهره‌برداری کارخانه به بهینه‌سازی بهره‌وری نیروی انسانی کمک خواهد کرد. یکی دیگر از مسائل مهم در بهره‌وری نیروی انسانی دستمزد کارکنان است. با افزایش سطح آموزش و اتوماسیون از تعداد کارکنان کاسته شده، در مقابل دستمزد (هزینه نفر ساعت) افزایش می‌یابد.

چین با تولید ۷۷۹ میلیون تن فولاد خام، بزرگترین تولید کننده فولاد جهان است.

(کتاب مرجع فولاد ۹۳)

آیا می‌دانید؟



## مصاحبه‌ای با مدیر عامل شرکت آهن و فولاد غدیر ایرانیان

جناب آقای مهندس اسداله فرشاد

◀ به عنوان یک تولید کننده، موفقیت خود را وابسته به چه عوامل و شرایطی می‌دانید؟

در سالهای اخیر، مزیت‌های استفاده از آهن اسفنجی به جای قرصه به عنوان ماده اولیه تولید فولاد، بیش از پیش مورد توجه فولاد سازان و صنایع ذوب و ریخته‌گری قرار گرفته است. البته لازم به ذکر است که مجاورت کارخانه گندله سازی اردکان و در دسترس بودن مواد اولیه (گندله) جهت مصرف برای تولید آهن اسفنجی نیز از مزیت‌های نسبی در منطقه اردکان و استان یزد بوده و به لحاظ فراهم نمودن مناسبات توسعه آهن و فولاد مد نظر قرار دارد.

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

مشکل خاصی برای تولید نداشته‌ایم. گاهی در ایام بسیار سرد زمستان محدودیت گاز طبیعی از شبکه تأمین گاز، تولید را با محدودیت مواجه می‌نماید.

◀ چه انتظاری از مسئولان مملکتی دارید؟

سرمایه گذاری در بخش‌های اکتشاف و استخراج معدنی و زنجیره بالا دستی فولاد یعنی سنگ آهن، تولید کسنا تره و گندله سنگ آهن که میتواند موجب ایجاد توازن در صنعت فولاد شود.

توجه ویژه به ایجاد مناسبات توسعه صادرات در زنجیره ارزش فولاد از بالادست تا صنایع پایین دستی آن در دراز مدت باید به طور جدی مورد توجه قرار گیرد.

مطمئناً پس از راه اندازی طرح‌های آهن و فولاد استانی حمایت از صادرات در هر بخشی از فولاد که ظرفیت مازاد بر مصرف داخلی داریم باید مورد توجه مسئولین قرار گیرد.

در این شماره از مجله مصاحبه‌ای با مدیرعامل محترم شرکت آهن و فولاد غدیر ایرانیان، جناب آقای مهندس اسداله فرشاد انجام شده است که در ادامه می‌خوانید:

◀ درباره پیشینه و فعالیت‌های شرکت آهن و فولاد غدیر ایرانیان توضیح دهید؟

به منظور توسعه صنایع آهن و فولاد کشور و در راستای چشم انداز ۲۰ ساله توسعه اقتصادی و اجتماعی، شرکت آهن و فولاد غدیر ایرانیان با همکاری سازمان توسعه و نوسازی معادن و صنایع معدنی ایران (ایمیدرو) و با مشارکت شرکت‌های سرمایه‌گذاری غدیر، شرکت معدنی و صنعتی چادرملو و شرکت فولاد آلیاژی ایران در سال ۱۳۸۵ تأسیس شد.

کارخانه احیای مستقیم تولید آهن اسفنجی با ظرفیت تولید سالانه ۸۰۰ هزار تن در سال با هدف تأمین آهن اسفنجی مورد نیاز واحدهای ذوب و ریخته‌گری استان یزد و سایر تولیدکنندگان فولاد در کشور، در ۲۵ کیلومتری شهر اردکان، استان یزد و در مجاورت گندله سازی چادرملو و شرکت آهن و فولاد ارفع در محدوده‌ای به وسعت ۸۶ هکتار احداث شده است.

کلیه فعالیت‌های مهندسی و طراحی اساسی و مهندسی تفصیلی این کارخانه بر اساس دانش فنی میدرکس انجام شده است، همچنین آخرین بهبودهای تکنولوژیک حاصل درفرآیند و طراحی سیستم‌های کنترل سایر مدول‌های میدرکس ایران و جهان لحاظ شده است.

◀ ارزیابی شما از فعالیت شرکت در حال حاضر نسبت به گذشته چگونه است؟

طی ۴ ساله که از بهره برداری این شرکت می‌گذرد، به حول و قوه الهی این شرکت توانسته است سالانه با ۱۰٪ ظرفیت اسمی، محصول تولید نموده و به فروش برساند.



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

فعالیت‌های اجرا شده و به بهره برداری رسیده شامل:

۱ - کاهش مصرف آب از طریق تفکیک آب‌های مصرفی پروسس و ماشینری در مدول احیای میدرکس (نصب سیستم مجزای تصفیه آب مختص تولید آب ماشینری با ظرفیت به مراتب کوچکتر از سیستم نصب شده در طراحی که از محصول آن به عنوان آب ماشینری و دور ریز آن در آب پروسس استفاده می‌شود)

۲ - اجرای مخازن ته‌نشینی، ذخیره و سیستم خنک کننده و همچنین لوله گذاری و اجرای آبیاری قطره‌ای با استفاده از پساب صنعتی کارخانه و عدم نیاز به آب کشاورزی که بالغ بر شصت درصد صرفه‌جویی آب نسبت به طراحی کوبه برای کارخانه ایجاد نموده است.

۳ - اجرای طرح تزریق شیر آهک به گندله جهت افزایش میزان تولید (Lime Coating)

۴ - ساخت پایلوت ریفرمر و شبیه‌سازی آن و ایجاد امکان آزمایش و تست کاتالیست با استفاده از پایلوت بدون آسیب رساندن به تولید و کارخانه

۵ - استقرار و پیاده سازی نظام‌های مدیریتی IMS

## ◀ آیا تا کنون با شرکت‌ها یا مراکز تحقیقاتی خارجی نیز همکاری داشته‌اید؟ درباره ابداعات، نوآوری‌ها سابقه فعالیت واحد تحقیق و توسعه شرکت آهن و فولاد غدیر ایرانیان توضیح دهید؟

پروژه‌های تحقیقاتی که انجام و ارایه شده است:

۱ - تألیف دو جلد کتاب تکنولوژی تولید آهن اسفنجی و چاپ و نشر آن در کشور و صنعت فولاد ایران در راستای افزایش آگاهی دانشجویان و کارکنان صنعت فولاد کشور

۲ - تهیه و تدوین بالغ بر ۵۰ مقاله علمی در خصوص آهن اسفنجی و آب در احیا و مسایل زیست محیطی و بهداشت محیط کار کارکنان احیا و تجهیزات کارخانه احیای مستقیم میدرکس و ارایه در سمینارهای علمی و سمپوزیوم‌های داخلی

۳ - شرکت در همایش‌های جهانی آهن، فولاد و گندله

۴ - ارتباط با مراکز علمی و فرهنگی از قبیل دانشگاه یزد،

دانشگاه آزاد اسلامی واحد جنوب، پژوهشگاه مواد و انرژی و بنیاد نخبگان یزد و دانشگاه‌های تهران، اصفهان و شیراز.

## ◀ 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؟

نقش وزارت صنعت، معدن و تجارت همواره راهبردی و استراتژیک بوده و در مسیر ایجاد توازن در زنجیره ارزش فولاد باید توسعه سرمایه گذاری در بخش‌های بالا دست آهن و فولاد را ترغیب و تسهیل نماید تا پتانسیل بالقوه کشور در تولید کنساتره سنگ آهن، گندله سنگ آهن و آگلومره به عمل درآید.

## ◀ آیا وضعیت کنونی بخش معدن و صنایع معدنی کشور را با توجه به ظرفیت‌های آن رضایت بخش می‌دانید؟

همانطور که پیش از این نیز اشاره گردید، پس از انقلاب اسلامی عملکرد مسئولان در سرمایه گذاری در بخش اکتشافات و استخراج معادن بسیار ضعیف بوده است و این مسئله باعث بروز عدم توازن در زنجیره تولید فولاد شده است که امید است در سال‌های آتی با تدبیر مسئولان و تخصیص بودجه به این بخش، شاهد بهبود این وضعیت در بخش معادن باشیم.

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

اعتقاد داریم نقش انجمن علمی آهن و فولاد در ارتباط با توسعه و تدوین تکنولوژی‌های نوین و ارتقا در سطح تحقیق و توسعه و نوآوری و توسعه ارتباطات بین‌المللی با دانشگاه‌ها و مراکز تحقیقاتی و آزمایشگاه‌ها می‌تواند زمینه ساز نوآوری در صنعت و بهبود مستمر تکنولوژی در کارخانجات صنایع آهن و فولاد ایران باشد.

## آگهی استخدام

انجمن آهن و فولاد ایران در راستای انجام خدمات به اعضاء خود تصمیم به چاپ رایگان آگهی های استخدامی اعضاء حقوقی خود گرفته است. لذا از کلیه شرکت ها و مؤسسات عضو حقوقی این انجمن، دعوت به عمل می آید که آگهی های استخدامی خود را به نشانی [info@issiran.com](mailto:info@issiran.com) ارسال نمایند. در صورت نیاز به کسب اطلاعات بیشتر نیز می توانید با شماره تلفن های این انجمن تماس حاصل نمایید. اولین آگهی استخدام رایگان از شرکت مهندسی کانی کاوان شرق است که نیاز نیروی انسانی آن در جداول زیر آورده شده است. علاقه مندان می توانند رزومه خود را به آدرس ایمیل [job@kanikavan.com](mailto:job@kanikavan.com) و یا فاکس ۸۸۲۰۵۶۱۳ ارسال نمایند.

ردیف	عنوان شغل	خصوصیات	مهارت ها	تجربه	محل کار
۱	مسئول فن آوری اطلاعات	لیسانس - فوق لیسانس	مهندسی کامپیوتر سخت افزار - تسلط کامل به مباحث و تسلط کامل به سخت افزار- تسلط به راه اندازی پورتال و وب سایت - آشنایی با نرم افزار اتوماسیون اداری همکاران سیستم	۷ سال	پردیس
۲	مدیر پروژه	فوق لیسانس مکانیک یا عمران	سابقه کار در مدیریت امور صنایع معدنی و EPC مسلط به استفاده از روشهای PMBOK در مدیریت پروژه	۱۵ سال	دفتر تهران- پردیس
۳	مدیر پروژه	فوق لیسانس معدن، متالورژی، فنی	سابقه کار در مدیریت امور صنایع معدنی آشنا به روشها و تکنیک طراحی و مهندسی	۱۵ سال	دفتر تهران- پردیس
۴	مدیر پروژه	فوق لیسانس صنایع- MBA	مسلط به تکنیک های PMBOK، تجربه در پیاده سازی مدل های MIS و DMIS، تجربه در اجرا و تهیه مدل های آنالیز سیستم ها	۱۵ سال	دفتر تهران- پردیس
۵	مسئول تامین تجهیزات و کالا	لیسانس مهندسی یا صنایع	سابقه کار در پروژه های EPC	۱۰ سال	دفتر تهران- پردیس
۶	کارشناس برنامه ریزی و کنترل پروژه	لیسانس صنایع	تجربه کار در پروژه های EPC و آشنایی با نرم افزارهای MSP-P6، آشنایی با دستورالعمل های برنامه ریزی و کنترل پروژه و سیستم مدیریت اطلاعات پروژه	۳ سال یا بیشتر	دفتر تهران- پردیس
۷	کارشناس برنامه ریزی و کنترل پروژه	لیسانس صنایع	تجربه کار در پروژه های EPC و مسلط به سیستم های مدیریت اطلاعات پروژه، مسلط به نرم افزارهای MSP-P6، تهیه دستورالعمل های برنامه ریزی و کنترل پروژه و مسلط به زبان انگلیسی	۷ سال	دفتر تهران- پردیس
۸	مدیر تضمین کیفیت	لیسانس صنایع	امور تضمین کیفیت و مسلط به استانداردهای ایزو و سیستم های OPM3-EFQM-IMS	۷ سال	دفتر تهران- پردیس
۹	کارشناس سیستم ها	لیسانس صنایع	آشنا به سیستم های نوین نگهداری و تعمیرات	۳ سال	سایت سوادکوه
۱۰	کارشناس کنترل مدارک	لیسانس صنایع	آشنایی با مدیریت مدارک	۱ سال	دفتر تهران- پردیس
۱۱	کارشناس کنترل هزینه	لیسانس صنایع	آشنا با بودجه بندی و رسیدگی به صورت وضعیت و تهیه دستورالعمل های بودجه بندی و کنترل هزینه	۵ سال	دفتر تهران- پردیس
۱۲	کارشناس تامین تجهیزات	لیسانس مهندسی	مسلط به خرید تجهیزات و کالا برای پروژه ها مسلط به زبان انگلیسی	۷ سال	دفتر تهران- پردیس
۱۳	کارشناس ترخیص	رشته مرتبط	آشنا با ترخیص و حمل کالا	۵ سال	دفتر تهران- پردیس
۱۴	کارشناس کنترل کیفیت	لیسانس برق، الکترونیک و ابزار دقیق	آشنا با بازرسی تجهیزات برقی و ابزار دقیق	۵ سال	دفتر تهران- پردیس
۱۵	کارشناس کنترل کیفیت	رشته مرتبط	آشنا با بازرسی تجهیزات مکانیکی، جوشکاری و رنگ	۵ سال	دفتر تهران- پردیس

ردیف	عنوان شغل	خصوصیات	مهارت‌ها	تجربه	محل کار
۱۶	مهندس معمار	لیسانس معماری	طراحی واحدهای صنعتی	۵ سال	دفتر تهران - پردیس
۱۷	مهندس راه و ساختمان	لیسانس عمران	طراحی سازه‌های سبک و سنگین و پیچیده فلزی و بتنی واحدهای مختلف صنعتی	۱۰ سال	دفتر تهران - پردیس
۱۸	مهندس ساختمان	لیسانس عمران یا ساختمان	توانایی اظهار نظر در خصوص موارد فنی، سابقه کار در دستگاه نظارتی و پروژه‌های صنعتی و ترجیحاً پروژه‌های معدنی و کنسانتره - تسلط به فهرست بهاء و آشنایی با کامپیوتر	۱۵ سال	سایت سوادکوه
۱۹	تکنسین کارهای ساختمانی	فوق دیپلم ساختمان یا عمران	سابقه کار در دستگاه نظارت پروژه‌های صنعتی، تسلط به فهرست بهاء، بخشنامه‌های سازمان ریاست جمهوری معاون برنامه‌ریزی و نظارت راهبردی رئیس جمهور، توانایی متره و برآورد کردن احجام کارهای انجام شده و کنترل نقشه‌های اجرای	۱۵ سال	سایت سوادکوه
۲۰	تکنسین کارهای جوشکاری	لیسانس جوش	سابقه کار مفید در واحدهای صنعتی معدنی	۱۰ سال	سایت سوادکوه
۲۱	کارشناس برق	لیسانس برق	سابقه کار مفید در واحدهای صنعتی معدنی	۱۰ سال	دفتر تهران - پردیس
۲۲	کارشناس جوش	لیسانس جوش	سابقه کار مناسب در واحدهای صنعتی معدنی - مرتبط با رنگ آمیزی و سندبلاست - دارای گواهینامه‌های آموزشی مرتبط	۱۰ سال	سایت سوادکوه
۲۳	کارشناس ارشد مکانیک سنگ	فوق لیسانس معدن - مکانیک سنگ	مسلط به کامپیوتر و نرم‌افزارهای تخصصی مکانیک سنگ و معدن	۶ سال	سایت سوادکوه
۲۴	کارشناس مکانیک	لیسانس مکانیک	سابقه کار مفید در واحدهای صنعتی معدنی	۵ سال	دفتر تهران - پردیس
۲۵	کارشناس برق	لیسانس برق	سابقه کار مفید در واحدهای صنعتی معدنی	۵ سال	دفتر تهران - پردیس
۲۶	کارشناس امور قراردادها	لیسانس مهندسی یا مرتبط	آشنا به قانون برگزاری مناقصات و بخشنامه‌های مرتبط با آن و سابقه کار در تنظیم اسناد مناقصه و قراردادها EPC، مسلط به زبان انگلیسی و فن مذاکره جهت انعقاد قراردادهای خارجی	۱۰ سال	دفتر تهران - پردیس
۲۷	کارشناس ارشد معدن	فوق لیسانس معدن	مسلط به کامپیوتر و زبان انگلیسی آشنا به نرم افزار تخصصی معدن، زمین شناسی، مکانیک سنگ و برنامه ریزی کنترل پروژه	۱۰ سال	سایت سوادکوه
۲۸	کارشناس ارشد طراحی	فوق لیسانس معدن	مسلط به کامپیوتر و زبان انگلیسی و نرم‌افزارهای تخصصی معدن بخصوص طراحی معادن روباز	۱۰ سال	سایت سوادکوه
۲۹	کارشناس ارشد معدن - استخراج	فوق لیسانس معدن - استخراج	مسلط به کامپیوتر و زبان انگلیسی و آشنا به نرم‌افزارهای تخصصی معدن	۵ - ۱۰ سال	سایت سوادکوه
۳۰	کارشناس ارشد معدن - استخراج	فوق لیسانس معدن	سابقه کار در معادن ذغال سنگ	۵ سال	سایت سوادکوه
۳۱	کارشناس ارشد زمین شناسی	فوق لیسانس زمین شناسی اقتصادی	مسلط به کامپیوتر و زبان انگلیسی و نرم‌افزارهای تخصصی معدن و زمین شناسی	۵ - ۱۰ سال	دفتر تهران - سایت سوادکوه

ردیف	عنوان شغل	خصوصیات	مهارت‌ها	تجربه	محل کار
۳۲	تکنسین حفاری و آتشکاری	فوق دیپلم معدن	آشنا به کامپیوتر و دارا بودن سابقه کار در معادن روباز بخصوص در زمینه حفاری و آتشکاری	۵ سال	سایت سوادکوه
۳۳	سرپرست کارگاه پیمانکاری	لیسانس مکانیک	سابقه کار در طراحی واحد های صنعتی	۱۵ سال	سایت سوادکوه
۳۴	کارشناس انبار و کدینگ	لیسانس صنایع یا مکانیک	آشنا با مکانیزم‌ها و تجهیزات صنعتی	۳ سال	سایت سوادکوه
۳۵	کارشناس عمران نقشه برداری	لیسانس عمران (نقشه برداری)	سابقه کار در واحدهای نظارت اجرایی، برداشت و کنترل صحت کارها و اندازه‌های ترانس نصب تجهیزات- کنترل کیفیت کارهای اجرایی و توانایی انتقال برداشت‌ها و نقشه‌های اجرایی و تبدیل و مقایسه آن‌ها با هم	۵ سال	سایت سوادکوه
۳۶	نقشه بردار	لیسانس عمران	سابقه کار در واحدهای نظارت اجرایی، برداشت و کنترل صحت کارها و اندازه‌های ترانس نصب تجهیزات- کنترل کیفیت کارهای اجرایی و توانایی انتقال برداشت‌ها و نقشه‌های اجرایی و تبدیل و مقایسه آن‌ها با هم	۱۵ سال	سایت سوادکوه
۳۷	ناظر متره و برآورد	لیسانس معدن	مسلط به کامپیوتر و نرم افزارهای تخصصی معدن	۵ سال	سایت سنگان
۳۸	تکنسین متره و برآورد	فوق دیپلم معدن یا عمران	مسلط به نرم افزارهای کامپیوتری Office	۵ سال	سایت سنگان
۳۹	مهندس عمران	لیسانس عمران	دارای تجربه کار کارگاهی و مسلط به بررسی صورت وضعیتهای پیمانکاری	۱۰ سال	سایت سوادکوه
۴۰	کارشناس حسابداری	لیسانس حسابداری	مسلط به سیستم حقوق و دستمزد و خزانه‌داری و مسلط به نرم‌افزار رایورز	۳ سال	دفتر تهران- پردیس
۴۱	کارشناس حسابداری	لیسانس حسابداری	سابقه کار در شرکت‌های پیمانکاری و مهندسین مشاور- مسلط به نرم‌افزار رایورز	۵ سال	دفتر تهران- پردیس
۴۲	کارشناس حسابداری	لیسانس حسابداری یا مدیریت مالی	شرکتهای پیمانکاری و مهندسین مشاور مسلط به بودجه‌بندی- قیمت تمام شده و تجزیه و تحلیل صورتهای مالی و سرمایه‌گذاری ترجیحاً آشنا به نرم‌افزار رایورز	۱۰ سال	دفتر تهران- پردیس
۴۳	کارشناس حسابداری	لیسانس حسابداری	آشنا به سیستم حسابداری انبار و اموال، ترجیحاً مسلط به نرم‌افزار رایورز	۵ سال	دفتر تهران- پردیس
۴۴	مسئول دفتر مدیرعامل	لیسانس مرتبط	همه‌انگهی جهت کلیه امور دفتری	۳ سال	دفتر تهران- آقا
۴۵	مسئول اداری و خدماتی	لیسانس	ترجیحاً آشنا با مسئولین محلی (بومی بوده این نکته ضروری میباشد) و تسلط کامل به امور تایپ و نرم‌افزارهای Office	۵ سال	سایت سوادکوه
۴۶	کارمند تدارکات	فوق دیپلم یا دیپلم	ارسال مراسلات و خریدهای عمومی و مصرفی	۲ سال	دفتر تهران- پردیس
۴۷	پزشک عمومی			۱ سال	دفتر تهران- آقا
۴۸	کارمند خدمات	فوق دیپلم	مهارت در امور خدمات و پذیرایی در جلسات	۱ سال	دفتر تهران - خانم
۴۹	تحصیلدار	فوق دیپلم یا دیپلم		۱ سال	پردیس
۵۰	نگهبان	فوق دیپلم یا دیپلم	سابقه کاری در کنترل ورود و خروج کارکنان و دارای گواهینامه	۲ سال	پردیس

# 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 راه‌های پیشگیری	۱
۸	سوپروایزر اجرایی piping (اجرا، طراحی، جوش، دفترنی، QC، عایق و رنگ)	۲
۹	آزمایش‌های غیرمخرب: آزمون دوره UT، دوره PT، آزمون دوره RTI (I, II), MT	آزمون دوره UT: ۳ روز آزمون دوره PT: ۱ روز آزمون دوره MT: ۱ روز RTI (I, II): ۵ روز
۱۰	بازرسی و کنترل کیفیت	۵
۱۱	بازرسی مخازن تحت فشار	۳
۱۲	عملیات حرارتی در جوشکاری	۲
۱۳	متالورژی جوشکاری و جوشکاری فولادهای زنگ‌نزن	۲

### بسته روش‌های آنالیز مواد

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

### بسته استاندارد

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

بسته ذوب

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

بسته شناسایی و انتخاب مواد

ردیف	عنوان دوره	تعداد روزهای برگزاری
۱	کلید فولاد	۱
۲	شناسایی فولادها، چدن ها 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	بهینه سازی مصرف انرژی در صنایع فولاد	۲
۲	مدیریت انرژی (عمومی): - مبانی بهینه سازی مصرف انرژی - بهینه سازی مصرف انرژی در سیستم های حرارتی - بهینه سازی مصرف انرژی الکتریکی - بهینه سازی مصرف انرژی در بویلرها	۶
۳	بهینه سازی مصرف انرژی در سیستم های حرارتی: - بهینه سازی مصرف انرژی حرارتی و مدیریت احتراق - مدیریت انرژی در سیستم های بخار - محاسبات حرارت و فنون اندازه گیری	۶
۴	بهینه سازی مصرف انرژی در سیستم های الکتریکی - بهینه سازی مصرف انرژی الکتریکی و فنون اندازه گیری - بهینه سازی مصرف انرژی در کمپرسورها - بهینه سازی مصرف انرژی در روشنایی و ترانسفورماتورها - مدیریت بار	۶

### دوره‌های آموزش تخصصی مهندسی برق

عنوان دوره	مدت دوره	سطح دوره	سیلابس دوره
دوره تخصصی برق کوره‌های قوس الکتریکی	۴ روز (۳۲ ساعت)	کارشناس	آشنائی با مشخصه‌های قوس الکتریکی- کوره‌های قوس الکتریکی (تاریخچه و آشنائی)- سیستم الکتریکی کوره‌های قوس (ترانس-راکتور سری- کابل‌های ارتباطی -الکترودها- سیستم جبران)- سیستم الکتروود رگولیشن- تنظیمات بهینه و موثر سیستم رگولیشن- مصرف الکتروود در کوره‌های قوس الکتریکی- دلایل شکستن الکتروود و راهکارهای جلوگیری از آن- پارامترهای مؤثر بر مصرف انرژی الکتریکی و روش‌های افزایش راندمان در کوره‌های 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- برنامه‌نویسی ماشین کاری ( تراش و فرز)- شبیه‌سازی حرکتی مکانیزم- ارگونومی و آنالیز ارگونومیک- برنامه‌نویسی 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، مبدل‌ها- 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
سامانه‌های 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 روش‌های تبادل اطلاعات در صنعت- سنسورها و سیستم‌های ابزار دقیق در صنعت
شناخت دوابوهای DC و AC	۳ روز (۲۴ ساعت)	کارشناس	آشنایی با مبدل‌های AC - DC (چاپرها)- آشنایی با مبدل‌های DC - AC (اینورترها)- اصول طراحی رگولاتورهای جریان، گشتاور و سرعت در سیستم حلقه بسته کنترلی- روش‌های کنترل موتورهای DC- روش‌های کنترل اسکالر موتورهای AC- روش‌های 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 بهیه 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

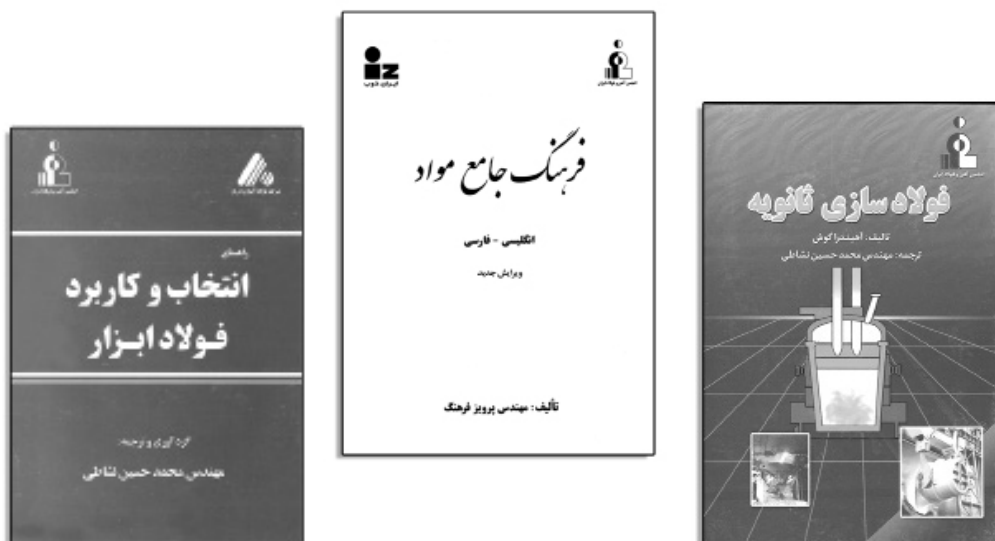


# انشارات آهن و فولاد

ردیف	عنوان	گردآورنده	تاریخ انتشار	مبلغ (ریال)
۱	مجموعه مقالات سمپوزیوم فولاد ۷۵	دانشکده مهندسی مواد دانشگاه صنعتی اصفهان	مهر ۱۳۷۵	۲۰۰/۰۰۰
۲	مجموعه مقالات سمپوزیوم فولاد ۷۸	انجمن آهن و فولاد ایران	اردیبهشت ۱۳۷۸	۲۰۰/۰۰۰
۳	مجموعه مقالات سمپوزیوم فولاد ۷۹	انجمن آهن و فولاد ایران	بهمن ۱۳۷۹	۲۰۰/۰۰۰
۴	مجموعه مقالات سمپوزیوم فولاد ۸۰	انجمن آهن و فولاد ایران	بهمن ۱۳۸۰	۲۰۰/۰۰۰
۵	مجموعه مقالات سمپوزیوم فولاد ۸۱	انجمن آهن و فولاد ایران	بهمن ۱۳۸۱	۲۵۰/۰۰۰
۶	مجموعه مقالات سمپوزیوم فولاد ۸۲	انجمن آهن و فولاد ایران	بهمن ۱۳۸۲	۲۵۰/۰۰۰
۷	مجموعه مقالات سمپوزیوم فولاد ۸۳	انجمن آهن و فولاد ایران	اسفند ۱۳۸۳	۲۵۰/۰۰۰
۸	مجموعه مقالات سمپوزیوم فولاد ۸۴	انجمن آهن و فولاد ایران	اسفند ۱۳۸۴	۲۵۰/۰۰۰
۹	مجموعه مقالات سمپوزیوم فولاد ۸۵	انجمن آهن و فولاد ایران	اسفند ۱۳۸۵	۲۵۰/۰۰۰
۱۰	مجموعه مقالات سمپوزیوم فولاد ۸۶	انجمن آهن و فولاد ایران	بهمن ۱۳۸۶	۳۰۰/۰۰۰
۱۱	مجموعه مقالات سمپوزیوم فولاد ۸۷	انجمن آهن و فولاد ایران	اسفند ۱۳۸۷	۳۰۰/۰۰۰
۱۲	مجموعه مقالات سمپوزیوم فولاد ۸۸	انجمن آهن و فولاد ایران	اسفند ۱۳۸۸	۳۰۰/۰۰۰
۱۳	مجموعه مقالات سمپوزیوم فولاد ۸۹	انجمن آهن و فولاد ایران	اسفند ۱۳۸۹	۳۰۰/۰۰۰
۱۴	مجموعه مقالات سمپوزیوم فولاد ۹۰	انجمن آهن و فولاد ایران	اسفند ۱۳۹۰	۳۰۰/۰۰۰
۱۵	مجموعه مقالات سمپوزیوم فولاد ۹۱	انجمن آهن و فولاد ایران	اسفند ۱۳۹۱	۳۳۰/۰۰۰
۱۶	مجموعه مقالات سمپوزیوم فولاد ۹۲	انجمن آهن و فولاد ایران	اسفند ۱۳۹۲	۴۵۰/۰۰۰
۱۷	Physical Metallurgy of Steel(2001)	Glyn Meyrick - Robert H. wagoner-wei Gan	زمستان ۸۲	۵۰/۰۰۰
۱۸	Introduction to the Economics of Structural Steel Work (2001)	The Southern African Institute of Steel Construction	زمستان ۸۲	۵۰/۰۰۰
۱۹	Steels "Microstructure and Properties", Third Edition	H. K. D. H. Bhadeshia and Sir Robert Honeycombe	شهریور ۸۷	۱۰۰/۰۰۰
۲۰	Advanced High Strength Steel (AHSS) Application Guidelines, Version 3	International Iron & Steel Institute	شهریور ۸۷	۵۰/۰۰۰

ردیف	عنوان	گردآورنده	تاریخ انتشار	مبلغ (ریال)
۲۱	کتاب فولاد سازی ثانویه	مهندس محمد حسین نشاطی	شهریور ماه ۸۴	۱۰۰/۰۰۰
۲۲	کتاب فرهنگ جامع مواد	مهندس پرویز فرهنگ	شهریور ماه ۸۸	۲۰۰/۰۰۰
۲۳	فصلنامه علمی - تجربی پیام فولاد از شماره الغایت شماره ۴۴	انجمن آهن و فولاد ایران	از پاییز ۹۰ لغایت زمستان ۹۳	۵۰/۰۰۰
۲۴	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 پاییز ۹۳	افراد حقیقی ۱۰۰/۰۰۰ مؤسسات حقوقی ۲۰۰/۰۰۰
۲۵	کتاب راهنمای انتخاب و کاربرد فولاد ابزار	مهندس محمد حسین نشاطی	اسفند ماه ۸۸	۵۰/۰۰۰
۲۶	کتاب مرجع فولاد	مهندس محمد حسن جولازاده	آذر ماه ۸۹	۳۰/۰۰۰
۲۷	کتاب مرجع فولاد ۱۳۹۰	مهندس محمد حسن جولازاده	آذر ماه ۹۰	۴۵/۰۰۰
۲۸	کتاب مرجع فولاد ۱۳۹۱	مهندس محمد حسن جولازاده	آذر ماه ۹۱	۵۵/۰۰۰
۲۹	کتاب مرجع فولاد ۱۳۹۲	مهندس محمد حسن جولازاده	آذر ماه ۹۲	۸۰/۰۰۰
۲۹	کتاب مرجع فولاد ۱۳۹۳	مهندس محمد حسن جولازاده	آذر ماه ۹۳	۱۵۰/۰۰۰

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 رده، چیزی ننویسد و نام و نام خانوادگی و محل کار خود را به لاتین در محل مربوطه بنویسد.

نوع عضویت		کسب عضویت	
نام		نام خانوادگی	
Family		نام محل کار	
Company		سمت سازمانی	
تاریخ تولد		شماره شناسنامه	
محل تولد			
آدرس محل کار		کد پستی محل کار	
صندوق پستی		تلفن محل کار	
دورنویس			
آدرس مکاتبه		کد پستی	
صندوق پستی		تلفن	
تلفن همراه		E-mail	
سال دریافت مدرک		آخرین مدرک تحصیلی	
کشور/شهر دریافت مدرک		رشته تحصیلی	
		دانشگاه اخذ آخرین مدرک	
تاریخ انعام عضویت		تاریخ شروع عضویت	
توضیحات		تعداد سال عضویت	

امضاء:

تاریخ:

#### مدارک لازم برای عضویت:

- ۱- برگ درخواست عضویت تکمیل شده
- ۲- فتوکپی آخرین مدرک تحصیلی (برای دانشجویان ارائه کپی کارت دانشجویی کافی است.) + دو قطعه عکس ۳×۴.
- ۳- فیش بانکی به مبلغ (برای مؤسسات حقوقی وابسته ۵/۰۰۰/۰۰۰ ریال، برای اعضاء حقیقی ۵۰۰/۰۰۰ ریال، برای دانشجویان ۲۵۰/۰۰۰ 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: ۳۳۹۳۲۱۲۴-۰۳۱، 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: [info@issiran.com](mailto:info@issiran.com)

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

# راهنمای اشتراک فصلنامه پیام فولاد

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

- ۱- فرم اشتراک را کامل و خوانا پر کرده و کدپستی و شماره تلفن را حتماً قید فرمائید.
- ۲- مبلغ اشتراک را می‌توانید از کلیه شعب بانک ملی ایران در سراسر کشور به حساب کوتاه مدت سیبا به شماره ۰۲۰۲۸۳۱۶۲۷۰۰۲ بنام انجمن آهن و فولاد ایران در بانک ملی شعبه دانشگاه صنعتی اصفهان (کد ۳۱۸۷) حواله نمائید و اصل فیش بانکی را همراه با فرم تکمیل شده اشتراک به نشانی:

اصفهان، بلوار دانشگاه صنعتی اصفهان، شهرک علمی تحقیقاتی اصفهان، میدان فن آوری (شیخ بهایی)، خیابان ۲، خیابان ۱۵، خیابان ۱۴، خیابان ۱۲، به سمت ساختمان فن آفرینی شماره ۱، ساختمان انجمن آهن و فولاد ایران، کدپستی: ۸۳۱۱۱-۸۴۱۵۶ ارسال فرمائید.

۳- کپی فیش بانکی را تا زمان دریافت نخستین شماره اشتراک نزد خود نگه دارید.

۴- مبلغ اشتراک برای یک سال با هزینه پست و بسته‌بندی ۲۵۰/۰۰۰ ریال می‌باشد.

۵- در صورت نیاز به اطلاعات بیشتر با تلفن‌های ۲۴-۳۳۹۳۲۱۲۱ (۰۳۱) تماس حاصل فرمائید.

## فرم اشتراک

بیبوست فیش بانکی به شماره ..... به مبلغ ..... ریال بابت حق

اشتراک یک ساله فصلنامه پیام فولاد ارسال می‌گردد.

خواهشمند است مجله را برای مدت یک سال از شماره ..... به نشانی زیر بفرستید.

قبلاً مشترک بوده‌ام  شماره اشتراک قبل  مشترک نبوده‌ام

نام ..... نام خانوادگی ..... نام شرکت یا مؤسسه .....

شغل ..... تحصیلات ..... سن .....

نشانی: استان ..... شهرستان ..... خیابان .....

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

تلفن: ..... فاکس: .....

برای اعضاء انجمن این نشریه بصورت رایگان ارسال می‌گردد.

## تعارف آگهی در فصلنامه پیام فولاد

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

ردیف	شرح مورد سفارش	قیمت (ریال)
۱	یک صفحه رنگی پشت جلد مجله	۸/۴۰۰/۰۰۰
۲	یک صفحه رنگی داخل روی جلد مجله (دوم جلد)	۶/۴۰۰/۰۰۰
۳	یک صفحه رنگی داخل پشت جلد مجله (سوم جلد)	۶/۴۰۰/۰۰۰
۴	یک صفحه رنگی داخل مجله	۵/۴۰۰/۰۰۰
۵	یک صفحه سیاه و سفید داخل مجله	۲/۹۰۰/۰۰۰

### 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 پیوست فرم تکمیل شده ذیل به شماره تلفن ۴-۳۳۹۳۲۱۲۱-۰۳۱ 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 پیوست 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.