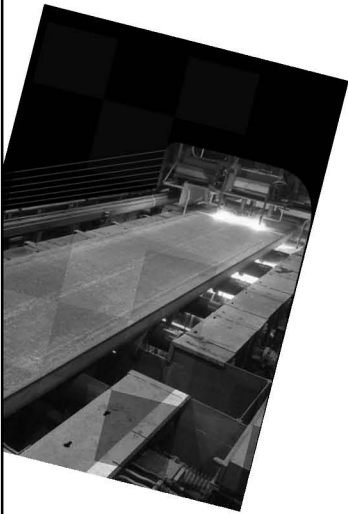



# پیام فولاد

فصلنامه علمی - خبری / انجمن آهن و فولاد ایران / تابستان ۹۱ / شماره ۴۷



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

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

دکتر حسین ادريس (استاد دانشگاه صنعتی اصفهان)  
 دکتر بهروز ارباب شیرانی (استادیار دانشگاه صنعتی اصفهان)  
 مهندس محمد حسن 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 (دانشیار دانشگاه صنعتی اصفهان)  
 دکتر عباس نجفی زاده (استاد دانشگاه صنعتی اصفهان)

- امور اجرایی: مهندس مسعود بیگی
- بخش اینترنت: مهندس حبیب اله رستگاری، مهندس مسعود بیگی
- مدیر روابط عمومی: فریدون واعظ زاده
- طراحی جلد و صفحه آرایي: نفیسه اورک شیرانی
- ناشر: آهن و فولاد
- چاپ: حافظ
- شمارگان: ۳۰۰۰ نسخه
- بهاء: ۴۰۰۰۰ ریال

**نشانی:** اصفهان، بلوار دانشگاه صنعتی اصفهان، شهرک علمی و تحقیقاتی اصفهان، میدان فن آوری (شیخ بهایی)، خیابان ۲، خیابان ۱۵، خیابان ۱۴، خیابان ۱۲، به سمت ساختمان فن آفرینی شماره ۱، ساختمان انجمن آهن و فولاد ایران  
**کدپستی:** ۸۳۱۱۱-۸۴۱۵۶، دفتر نشریه پیام فولاد  
**تلفن:** ۰۳۱۱-۳۹۳۲۱۲۱-۲۴ **تلفکس:** ۰۳۱۱-۳۹۳۲۱۲۴

E-mail: info@issiran.com  
 www.issiran.com

## فهرست مطالب

۳	.....	سرمقاله
		مقاله:
۴	.....	رفتار آخال‌های پایه $MgO \cdot Al_2O_3$ در حین فرایند تصفیه فولاد آلیاژی
		ترجمه: علی شیرانی بیدآبادی و علی برونی
۱۰	.....	تحقیقی بر تولید چدن سبک (LWCI)
		ترجمه و تدوین: حمید سازگاران و علیرضا کیانی رشید
۱۷	.....	شبیه‌سازی عددی تغییرات رسوب‌گذاری دراز مدت در فولادهای نسوز آستنیتی
		ترجمه و تدوین: علی رضا تحویل‌یان
۲۴	.....	تکامل و جهش تکنولوژی
		ترجمه و تنظیم: محمدحسین نشاطی
۳۲	.....	فراخوان "گزارش مطالعات موردی"
۳۳	.....	اخبار انجمن آهن و فولاد ایران
۳۶	.....	اخبار اعضای حقوقی انجمن آهن و فولاد ایران
۳۸	.....	اخبار از سایت‌های بین‌المللی
۴۰	.....	تازه‌های تکنولوژی
۴۲	.....	عناوین مقالات مندرج در مجلات بین‌المللی آهن و فولاد
		– مجله: <i>Journal of Iron and Steel Research, International</i> , Volume 19, Issue 5, Pages 1-86 (May 2012)
۴۴	.....	ترجمه چهار چکیده مقاله از مجله:
		– مجله: <i>Journal of Iron and Steel Research, International</i> , Volume 19, Issue 5, Pages 1-86 (May 2012)
۴۶	.....	معرفی کتاب
۴۸	.....	معرفی نرم افزار
۵۰	.....	سمینارهای بین‌المللی در زمینه مواد و متالورژی
۵۱	.....	سمینارهای داخلی
۵۲	.....	سایت‌های اطلاع‌رسانی آهن و فولاد در شبکه اینترنت
۵۳	.....	پروژه‌های کارشناسی ارشد مربوط به صنعت فولاد
۵۶	.....	دانستنی‌های فولادی (این شماره: کشتی تایتانیک پس از یک صد سال)
۶۰	.....	برگزاری دوره‌های آموزشی انجمن آهن و فولاد ایران
۶۴	.....	انتشارات آهن و فولاد
۶۶	.....	فرم درخواست عضویت حقیقی و حقوقی در انجمن آهن و فولاد ایران
۶۷	.....	فراخوان مقاله برای مجله بین‌المللی انجمن آهن و فولاد ایران
۶۸	.....	دستورالعمل تهیه مقالات به زبان انگلیسی جهت مجله بین‌المللی علمی – پژوهشی انجمن آهن و فولاد ایران
۷۰	.....	راهنمای اشتراک فصلنامه پیام فولاد
۷۱	.....	تعرفه آگهی در فصلنامه پیام فولاد
۷۲	.....	دستورالعمل تهیه مقاله برای فصلنامه پیام فولاد



شماره‌ی حاضر پیام فولاد که با تلاش  
همکاران در انجمن آهن و فولاد ایران  
آماده شده است در خصوص رفتار آخال‌های  
غیر فلزی در فرایند تصفیه فولاد، نتیجه‌ی بررسی‌ها  
را در بردارد. چون ناخالصی‌های غیر فلزی در خواص  
نهایی فولاد تأثیر بزرگی دارند و هم از لحاظ مقدار  
ناخالصی‌ها این تأثیر تغییر می‌کند و هم از لحاظ نحوه‌ی  
توزیع و ترکیب ناخالصی‌ها، بدین لحاظ در نظر گرفتن رفتار  
ناخالصی‌ها در پروسه‌ی تصفیه اهمیت ویژه دارد. موارد دیگر  
بررسی شده در این شماره تحقیق بر تولید چدن با دانسیته کمتر  
می‌باشد و همچنین در مورد تکامل تکنولوژی به طور عامل و مراحل و  
انواع این تکامل بحث و بررسی شده است. یک موضوع مورد توجه دیگر  
در این شماره بررسی علل غرق شدن کشتی تایتانیک در صدمین سال این حادثه  
از لحاظ متالورژی می‌باشد که بحث جالبی را دنبال می‌کند. امیدوارم مطالب این  
شماره‌ی پیام فولاد مورد توجه همکاران قرار گیرد.

دکتر حسین ادريس  
مدیرمسئول و سردبیر فصلنامه پیام فولاد

# رفتار آخال‌های پایه $MgO \cdot Al_2O_3$ در حین فرایند تصفیه فولاد آلیاژی\*

ترجمه و تنظیم: علی شیرانی بیدآبادی<sup>۱</sup> و علی برونی

## چکیده

مقدار بسیار کم Mg و Al تشکیل اسپینل را ممکن می‌نماید. تأثیرات بازیسته و ترکیب شیمیایی سرباره بر شکل‌گیری اسپینل در فولاد زنگ نزن 16%Cr اکسیژن زدایی شده با Al توسط Todoroki و Okuyama مطالعه شده است. Young مکانیزم شکل‌گیری آخال‌های آلومینات کلسیم مذاب از اسپینل  $MgO \cdot Al_2O_3$  را مورد مطالعه قرار داد و پی برد که اسپینل با کلسیم حل شده واکنش داده و فاز مذاب آلومینات کلسیم را تشکیل می‌دهند. Pretorius، اصلاح آخال‌های اسپینل با استفاده از عملیات کلسیم در فولاد LCAK را با استفاده از آزمایش‌های صنعتی مورد مطالعه قرار دارد و امکان اصلاح آخال‌های اسپینل را با استفاده از عملیات تزریق کلسیم نشان داد. در تحقیق حاضر، ارزیابی آخال‌های پایه  $MgO \cdot Al_2O_3$  در حین فرایند تصفیه فولاد آلیاژی مورد مطالعه قرار گرفته است. نرم افزار 6.0 Factsage جهت محاسبه چگونگی شکل‌گیری و استحاله آخال‌های اسپینل در فولاد آلیاژی، به علاوه تأثیر عملیات کلسیم بر روی ترکیب شیمیایی فولاد مذاب و آخالها مورد استفاده قرار گرفت. این مطالعه بر اثر عملیات کلسیم روی استحاله‌ی آخال‌های پایه‌ی  $MgO \cdot Al_2O_3$  متمرکز شده است.

در این مقاله استحاله‌ی آخال‌های پایه  $MgO \cdot Al_2O_3$  در حین فرایند تصفیه فولاد آلیاژی در مقیاس صنعتی مورد بررسی و مطالعه قرار گرفته است. علاوه بر آن، نرم افزار Factsage برای مطالعه‌ی شکل‌گیری و اصلاح آخال‌های اسپینل در فولاد آلیاژی که در حین فرایند متالورژی ثانویه آن از عملیات کلسیم استفاده شده بود، مورد مطالعه قرار گرفت. نتایج نشان داد که مراحل استحاله آخالها به صورت  $MgO \cdot Al_2O_3 \rightarrow CaO \cdot Al_2O_3$ ،  $MgO \cdot Al_2O_3 \rightarrow MgO \cdot complex \ inclusions$  بوده و در تحقیق حاضر، جهت جلوگیری از تشکیل آخال‌های  $MgO \cdot Al_2O_3$ ، میزان کلسیم حل شده در فولاد مذاب به  $1 \times 10^{-4}$  رسانده شد. همچنین این نتایج نشان می‌دهد که وقتی میزان کلسیم افزوده شده به مذاب افزایش یابد، درصد  $MgO \cdot Al_2O_3$  کاهش خواهد یافت. علاوه بر این میزان CaO موجود در آخالها افزایش می‌یابد حتی اگر درصد  $SiO_2$  مقدار کمی تغییر کند. کلمات کلیدی: فولاد آلیاژی، آخال غیر فلزی، اسپینل  $MgO \cdot Al_2O_3$ ، ترمودینامیک

## مقدمه

فاکتورهای متعددی وجود دارد که کیفیت فولاد را تحت تأثیر قرار می‌دهند و حضور آخال‌های اسپینل  $MgO \cdot Al_2O_3$  یکی از آنهاست. این آخالها به دلیل داشتن نقطه ذوب بالا (۲۱۳۵ درجه سانتی گراد) و سختی بالا ( $2100-2400 \text{ kg/mm}^2$ )، در حین فرایند نورد، تغییر شکلشان مشکل است که این باعث پدید آمدن عیوب سطحی روی محصولات ریخته‌گری می‌شود. به علاوه آخال‌های اسپینل تمایل دارند که در دیواره‌ی داخلی نازل ریخته‌گری تجمع پیدا کنند و باعث بسته شدن نازل ریخته‌گری در حین فرایند ریخته‌گری پیوسته شوند.

امروزه مکانیزم تشکیل آخالهای اسپینل پایه  $MgO \cdot Al_2O_3$  هنوز شناخته نشده است، هر چند تحقیقاتی در این زمینه انجام شده است. دی‌گرام‌های پایداری آخالهای اکسیدی بر اساس مقادیر Mg و Al با استفاده از داده‌های ترمودینامیکی از طریق آزمایش‌هایی به دست آمده‌اند. ثابت شده است که

## ۱. کارهای آزمایشگاهی

### ۱-۱. تولید آزمایشگاهی

در تحقیق حاضر، فولاد مورد آزمایش، گرید 30CrMo بوده که ترکیب شیمیایی آن در جدول ۱ قابل مشاهده می‌باشد. فرایند تولید جهت فولاد 30CrMo به این صورت است: Hot Metal+DRI → 100t EAF → 100t LF-VD → CaSi treatment → CC. زمان عملیات متالورژی ثانویه در LF حدود ۶۰ دقیقه و زمان عملیات VD، ۴۰ دقیقه می‌باشد. در حین تخلیه (Tapping)،

\* این متن ترجمه کاملی از مقاله زیر است:

"Behavior of MgO Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> Based Inclusions in Alloy Steel During Refining Process", YANG Shu-feng et al., JOURNAL OF IRON AND STEEL RESEARCH, INTERNATIONAL. 2010, 17(7): 01-06

1. Ali3810sh@yahoo.com



## ۱-۲. تغییرات ترکیب شیمیایی مذاب

ترکیب شیمیایی هر کدام از نمونه های گرفته شده در حین فرایند تصفیه در جدول (۲) نشان داده شده است. مقدار میانگین آلومینیم، کلسیم و منیزیم در هر مرحله از فرایند متالورژی ثانویه که در شکل (۱) آمده است، نشان می دهد که میزان آلومینیم حل شده در مرحله ی اولیه LF از ۰/۰۲۵ به ۰/۰۱۹ درصد کاهش می یابد. در شروع عملیات VD، میزان آلومینیم ذوب به ۰/۲۱۷ درصد افزایش می یابد و در حین فرایند VD، میزان تغییرات درصد آلومینیم در حد کم و جزئی بوده است. میزان کلسیم در مراحل اولیه LF از ۰/۰۱۴ به ۰/۰۲۵ درصد افزایش می یابد در حالی که بعد از آن کاهش می یابد. در شروع VD، میزان کلسیم ۰/۰۲۱ درصد می باشد که در حین گاززدایی به شدت کاهش می یابد و در پایان فقط ۰/۰۰۰۵ درصد است. میزان منیزیم در کل فرایند تصفیه در رنج (۰/۰۰۰۵ تا ۰/۰۰۰۹ درصد) ثابت می ماند.

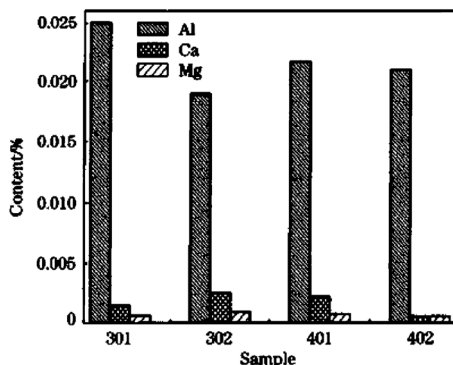
آلومینیم به مقدار ۳۰۰ کیلوگرم، FeMn به مقدار ۴۰۰ کیلوگرم و SiMn به مقدار ۸۰۰ کیلوگرم، جهت اکسیژن زدایی ذوب و نیز آلیاژ سازی اضافه شدند. پس از گذشت ۳۰ دقیقه از زمان LF، ۶۰ کیلوگرم مفتول آلومینیومی، ۵۶ کیلوگرم فرو منگنز، ۱۱۳ کیلوگرم فرو مولیبدن و ۱۸۰ کیلوگرم آلیاژ استاندارد فروکرم جهت تنظیم ترکیب شیمیایی فولاد مذاب، اضافه شد. اندازه بیلت ۲۱۰ میلی متر بود. نمونه های آنالیز از چهار ذوب فولاد در حین فرایند متالورژی ثانویه قبل از (۳۰۱) و در حین عملیات متالورژی ثانویه (۳۰۲)، قبل از VD (۴۰۱) و بعد از VD (۴۰۲) گرفته شدند. دماهای نمونه گیری به ترتیب ۱۵۵۰ (۳۰۱) و ۱۶۲۰ (۳۰۲)، ۱۶۲۵ (۴۰۱) و ۱۵۶۵ (۴۰۲) درجه سانتی گراد بودند. طی نمونه گیری، نمونه گیرها حدود ۳۰۰ mm زیر سطح حمام فرو رفتند. آخال های غیر فلزی با استفاده از SEM-EDS مشاهده و آنالیز شدند. جهت مشاهده مورفولوژی سه بعدی آخال های غیر فلزی، نمونه ها تحت عملیات استخراج اسیدی جزئی (Partial acid Extraction) قرار گرفتند.

جدول ۱. ترکیب شیمیایی فولاد مورد استفاده در این تحقیق (بر حسب درصد)

C	Si	Mn	P	S	Mo	Al	V	Cu	Cr
۰/۳۰	۰/۲۲	۰/۵۲	۰/۰۱۵	۰/۰۰۷	۰/۱۰	۰/۰۲۰	۰/۱۲	۰/۰۷	۰/۹۴

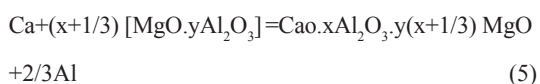
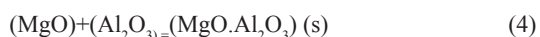
جدول ۲. ترکیب شیمیایی فولاد مذاب در حین فرایند تصفیه

Sample	C	Si	Mn	S	Al	Ca	Mg
259301	0.232	0.27	0.910	0.019	0.035	0.0009	0.0005
259302	0.252	0.27	0.011	0.011	0.027	0.0016	0.0006
259401	0.249	0.25	0.004	0.004	0.023	0.0010	0.0006
259402					0.022	0.0005	0.0005
260301	0.205	0.21	0.900	0.025	0.025	0.0012	0.0006
260302	0.233	0.20	0.950	0.002	0.018	0.0030	0.0010
260401	0.266	0.23	0.950	0.003	0.021	0.0010	0.0006
260402					0.021	0.0005	0.0005
261301	0.238	0.27	0.890	0.013	0.017	0.0020	0.0006
261302	0.237	0.27	0.940	0.003	0.013	0.0030	0.0010
261401	0.247	0.26	0.950	0.002	0.021	0.0044	0.0008
261402					0.020	0.0005	0.0005



شکل ۱. تغییرات Al، Ca، و Mg در فولاد مذاب در حین عملیات تصفیه

با کلسیم ناشی از عملیات کلسیم دهی واکنش داده و یا با Al احیا می‌گردد. معادله های واکنش به صورت زیر هستند:



#### ۴-۱. تغییر ترکیب شیمیایی آخال های پایه $\text{MgO}.\text{Al}_2\text{O}_3$

برای هر نمونه ی فولادی، ترکیب شیمیایی و اندازه ی ۱۰-۱۵ آخال آنالیز گردید و در کل ۲۵۰ آخال با استفاده از دستگاه SEM آشکار و آنالیز شد. شکل های (۲) و (۳) توزیع ترکیب شیمیایی در سیستم سه تایی  $\text{CaO-MgO-Al}_2\text{O}_3$  آخالها در نمونه های فولادی را نشان می‌دهد. با توجه به شکل (۲ a)، ناخالصی ها عمدتاً آلومینات کلسیم،  $\text{MgO}.\text{Al}_2\text{O}_3$  و آخال کمپلکس  $\text{MgO-Al}_2\text{O}_3-\text{CaO}$  می‌باشند. اما Wang گزارش داده است که بیشتر ناخالصی های قبل از فرایند LF، آخال های  $\text{Al}_2\text{O}_3$  بودند و میانگین مقدار  $\text{Al}_2\text{O}_3$  در ناخالصی ها ۹۶/۲ درصد بوده است. این اختلاف در نتایج ممکن است به عملیات کلسیم دهی خاص در تحقیق حاضر برگردد (عملیات کلسیم دهی قبل از LF). بر اساس شکل (۲ b)، پس از ۳۰ دقیقه تصفیه در LF میزان  $\text{MgO}$  موجود در ناخالصی ها کاهش یافت، در حالی که درصد  $\text{CaO}$  افزایش یافت و آخال های  $\text{MgO}.\text{Al}_2\text{O}_3$  ناپدید شدند. آنالیز میانگین ناخالصی ها شامل:  $51.48\%\text{Al}_2\text{O}_3$ ،  $3.69\%\text{MgO}$  و  $44.51\%\text{CaO}$  بود. شکل ۳ a نشان می‌دهد که در پایان تصفیه در LF، مقدار  $\text{MgO}$  در آخالها، کمی تغییر کرده، مقدار  $\text{CaO}$  در آخالها کاهش یافته و آخال های نوع  $\text{MgO}.\text{Al}_2\text{O}_3$  ناپدید شده اند. در حین عملیات VD مقدار  $\text{MgO}.\text{Al}_2\text{O}_3$  در آخالها افزایش یافته، میزان  $\text{CaO}$  آخال تغییرات کمی داشته و آخال  $\text{MgO}.\text{Al}_2\text{O}_3$  مجدداً همان طور که در شکل (۳b) آمده است، ظاهر شده است.

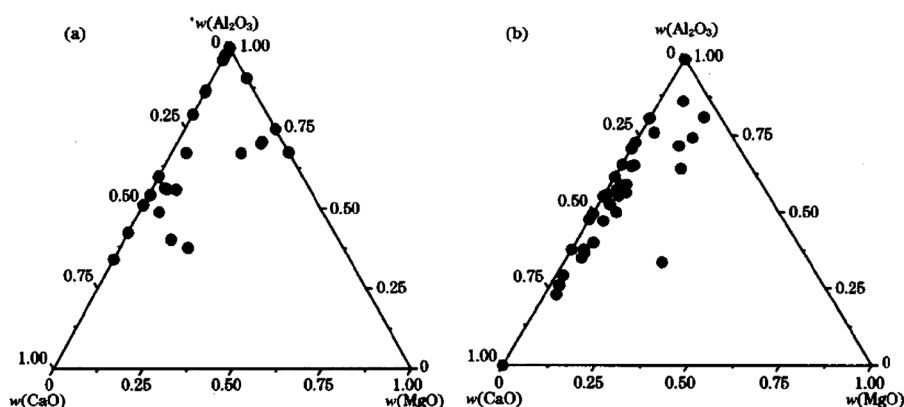
علت اینکه چرا آخال های  $\text{MgO}.\text{Al}_2\text{O}_3$  ناپدید شده اند، مقدار  $\text{MgO}$  موجود در آخالها کاهش یافته و مقدار  $\text{CaO}$  در آخالها افزایش یافته، این است که کلسیم اضافه شده به مذاب فولاد با آخال های  $\text{MgO}.\text{Al}_2\text{O}_3$  واکنش داده و آخال های

مقدار پایین آلومینیم در مراحل اولیه عملیات LF، ممکن است از این واقعیت ناشی شود که بیشتر آخال های ناشی از اکسیژن زدایی از طریق شناور سازی حذف می‌گردند. جهت کامل شدن اکسیژن زدایی و کنترل میزان آلومینیم، ۶۰ کیلوگرم آلومینیم در مراحل پایانی فرایند LF اضافه گردید. بنابراین میزان آلومینیم ذوب افزایش می‌یابد. تغییرات آلومینیم به آرامی در حین عملیات VD، باعث کاهش اکسیژن می‌گردد. در آزمایش ها، عملیات کلسیم درست در شروع LF کامل شد. نمونه (۳۰۱) بعد از عملیات کلسیم گرفته شد که میزان کلسیم آن باید بالاترین مقدار باشد. بر اساس واکنش بین کلسیم و آخالها، درصد کلسیم به تدریج کاهش می‌یابد. اما، نتایج آزمایش نشان می‌دهد که میزان کلسیم افزایش می‌یابد. ممکن است که نمونه (۳۰۱) زمانی گرفته شده باشد که کلسیم به صورت یکنواخت نفوذ نکرده باشد و میزان کلسیم در مراحل پایانی LF هنوز در سطح بالایی قرار دارد و یا شاید به این خاطر باشد که کلسیم تولید شده از طریق واکنش بین آلومینیم اضافه شده و  $\text{CaO}$  موجود در سرباره، مصرف کلسیم در مذاب فولاد را جبران کرده. در هر حال میزان کلسیم به شدت کاهش می‌یابد، زیرا کلسیم با آخالها و مذاب فولاد ناخالصی ها در حین فرایند VD واکنش می‌دهد و ناخالصی ها را از طریق شناور سازی حذف می‌گردند.

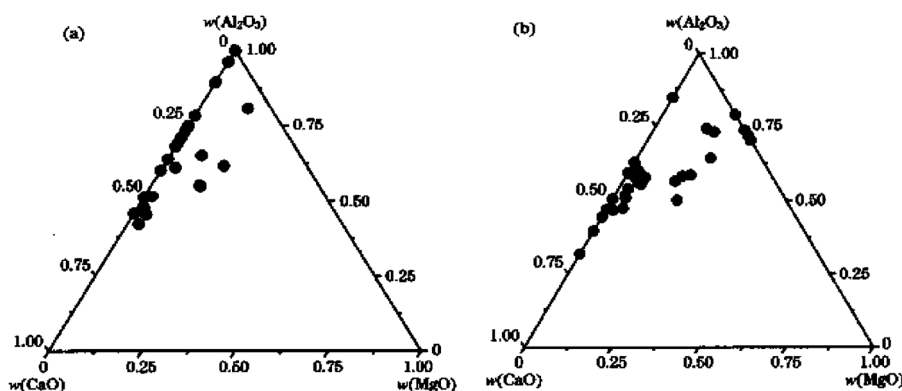
#### ۳-۱. اشکال موجود آخالها در فولاد آلیاژی

سه نوع ناخالصی پایه  $\text{MgO}.\text{Al}_2\text{O}_3$  در فولاد آلیاژی وجود دارد. یکی از آنها  $\text{MgO}.\text{Al}_2\text{O}_3$  خالص است که عمدتاً شامل عناصر  $\text{Mg}$ ،  $\text{Al}$  و  $\text{O}$  بوده، دیگری آخال های کمپلکس  $\text{Al}_2\text{O}_3-\text{MgO}-\text{CaO}$  است و سومی آخال های کمپلکس  $\text{MgO}-\text{Al}_2\text{O}_3-\text{CaO}-\text{SiO}_2$  است. اندازه این سه نوع ناخالصی ۱ تا ۳ میکرومتر است. این نوع ناخالصی ها بسیار ریز بوده و بنابراین نمی‌تواند از سرباره متالورژی ثانویه آمده باشند.

تحقیق حاضر شامل آخال های پایه  $\text{MgO}.\text{Al}_2\text{O}_3$  است که می‌تواند در مراحل زیر به وجود آید:  $\text{MgO}$  موجود در سرباره یا نسوز با  $\text{Al}$  موجود در فولاد مذاب احیا شده و  $\text{Mg}$  تولید می‌شود. این  $\text{Mg}$  در فولاد مذاب حل می‌شود سپس  $\text{Al}_2\text{O}_3$  تولید شده از واکنش اکسیژن زدایی با  $\text{Mg}$  داخل فولاد واکنش داده و باعث تشکیل آخال  $\text{MgO}.\text{Al}_2\text{O}_3$  می‌شود. آخال  $\text{MgO}.\text{Al}_2\text{O}_3$



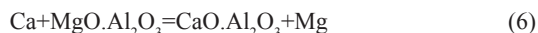
شکل ۲. ترکیب شیمیایی آخالها در حین فرایند LF (a: قبل از LF، b: بعد از LF)



شکل ۳. ترکیب شیمیایی آخالها در حین فرایند VD (a: قبل از VD، b: بعد از VD)

شده‌اند، ممکن است به درصد کلسیم حل شده در مذاب مرتبط باشد. بر اساس جدول (۲)، میانگین مقدار کلسیم کل در مذاب فولاد در حین LF و VD بیشتر از ۰/۰۰۱ درصد است. با این وجود میانگین درصد کلسیم کل در مذاب فولاد در پایان عملیات VD، ۰/۰۰۵ درصد است. بنابراین جهت جلوگیری از شکل‌گیری آخال‌های  $MgO \cdot Al_2O_3$ ، لازم است که میزان کلسیم حل شده در مذاب فولاد به یک حد مشخص برسد. اما در این تحقیق میزان کلسیم حل شده اندازه‌گیری نشد، بنابراین مشکل است که مقدار آن را بدانیم. در قسمت بعدی، از محاسبات ترمودینامیکی جهت محاسبه این مقدار، استفاده شد. جهت نگره داشتن کلسیم حل شده در یک مقدار مشخص، باید پتانسیل اکسیژن مذاب فولاد به حد کافی پایین باشد. هر گونه افزایش پتانسیل اکسیژن ناشی از اکسیداسیون مجدد، ممکن است منجر به شکل‌گیری آخال‌های اسپینل ثانویه شود.

کمپلکس  $CaO \cdot MgO \cdot Al_2O_3$  شکل گرفته‌اند و همزمان  $Mg$  از طریق احیای آخال‌های  $MgO \cdot Al_2O_3$  تولید شده و وارد مذاب فولاد شد. معادله‌های این واکنش‌ها در روابط (۶) و (۷) نشان داده شده‌اند:



قبل از عملیات LF، آخال‌های  $MgO \cdot Al_2O_3$  ظاهر شدند و در حین عملیات LF و VD آخال‌های  $MgO \cdot Al_2O_3$  ناپدید شدند. اما در پایان عملیات VD، آخال‌های  $MgO \cdot Al_2O_3$  مجدداً آشکار شدند. بنابراین سلسله مراتب استحاله‌ی آخال در فولاد آلیاژی مورد استفاده در این تحقیق به صورت زیر است:

$$MgO \cdot Al_2O_3 \rightarrow CaO \cdot Al_2O_3 \cdot MgO \text{ complex inclusion} \rightarrow MgO \cdot Al_2O_3$$

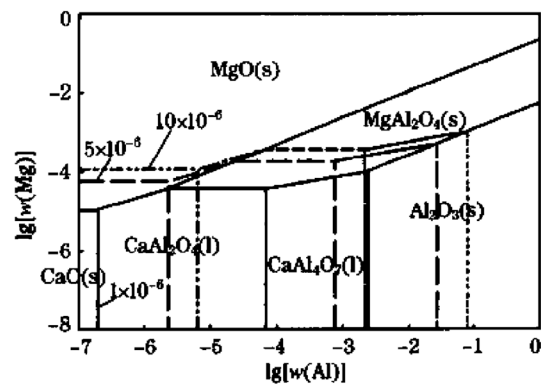
علت اینکه چرا آخال‌های  $MgO \cdot Al_2O_3$  مجدداً ظاهر

## ۲- محاسبات ترمودینامیکی

### ۲-۱. ترمودینامیک شکل گیری و استحاله آخال های



شکل (۴) دیاگرام تعادلی آخال های Fe-O-Mg-Al-Ca می باشد و آخال های آلومینات کلسیم به دست آمده از محاسبات عبارتند از CaO،  $\text{CaAl}_2\text{O}_4$  و  $\text{CaAl}_4\text{O}_7$ . با استفاده از شکل (۴)، وقتی Al حل شده در مذاب فولاد کمتر از  $10^{-2.6}$  باشد، میزان Mg حل شده کمتر از  $10 \times 10^{-6}$  بوده و اگر میزان کلسیم حل شده در مذاب فولاد کمتر از  $1 \times 10^{-6}$  باشد، آخال های کمپلکس شامل کلسیم آلومینات به شکل پایدار در مذاب فولاد می باشد. به عنوان مثال برای فولاد آلیاژی 30CrMo، درصد Al در مذاب فولاد ۰/۰۳۴ درصد و مقدار Mg حدود ۰/۰۰۰۵ درصد است. وقتی میزان درصد کلسیم حل شده در فولاد حدود  $1 \times 10^{-6}$  باشد، آخال های اسپینل  $\text{MgO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3$  می توانند به آخال های کمپلکس مذاب تبدیل شوند. با توجه به شکل (۴)، وقتی میزان کلسیم حل شده در مذاب افزایش یابد، ناحیه مربوط به آخال های کمپلکس مذاب به طور ناگهانی گسترش می یابد. هر چه درصد Al حل شده در مذاب فولاد کمتر باشد، میزان کلسیم مورد نیاز جهت استحاله آخالها از شکل اسپینل  $\text{MgO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3$  به صورت آخال های مذاب کمتر خواهد بود.



شکل ۴. دیاگرام تعادلی Fe-O-Mg-Al-Ca در دمای ۱۶۰۰ درجه سانتی گراد

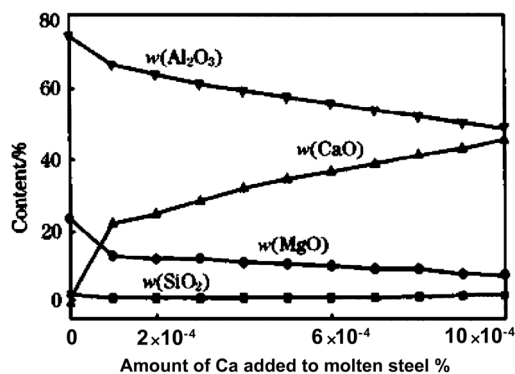
## ۲-۲. تأثیر عملیات کلسیم روی استحاله آخال های



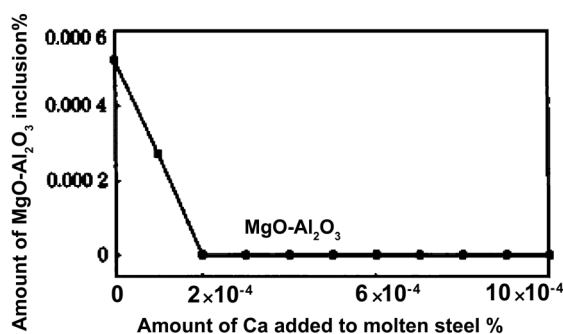
اثرات عملیات کلسیم روی استحاله آخال های  $\text{MgO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3$  نیز با استفاده از نرم افزار ترمودینامیکی Factsage 6.0 محاسبه گردید. لازم به ذکر است که میزان بازیافت کلسیم در محاسبات ترمودینامیکی ۱۰۰ درصد فرض شده است.

شکل (۵) تأثیر عملیات کلسیم را روی ترکیب آخال های مذاب نشان می دهد. بر اساس شکل (۵)، وقتی  $1 \times 10^{-4}$  درصد کلسیم به مذاب فولاد اضافه شود، آخال های  $\text{MgO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3$  به صورت آخال های کمپلکس مذاب تغییر حالت می دهند و درصد MgO و  $\text{Al}_2\text{O}_3$  در آخال های کمپلکس مذاب هر دو به صورت ناگهانی کاهش می یابد، در حالی که درصد CaO به شدت افزایش می یابد. درصد MgO و  $\text{Al}_2\text{O}_3$  در آخال های کمپلکس با افزایش مقدار کلسیم اضافه شده به مذاب فولاد، کاهش می یابد. میزان درصد CaO موجود در آخال های کمپلکس مذاب با افزایش مقدار کلسیم افزوده شده به مذاب فولاد افزایش می یابد، در حالی که درصد  $\text{SiO}_2$  موجود در آخال های کمپلکس مذاب، به میزان ناچیزی تغییر می کند. وقتی مقدار کلسیم اضافه شده به مذاب به  $10 \times 10^{-4}$  درصد برسد، میزان MgO در آخال های کمپلکس مذاب به ۷ درصد، میزان  $\text{Al}_2\text{O}_3$  به ۴۷/۵ درصد، میزان CaO به ۴۴ درصد و مقدار  $\text{SiO}_2$  به ۱/۵ درصد می رسد. علت اینکه مقدار CaO و MgO در ناخالصی های کمپلکس مذاب افزایش می یابد، این است که MgO موجود در ناخالصی ها توسط کلسیم احیاء شده و CaO تولید شده وارد آخال می شود.

شکل (۶) تأثیر عملیات کلسیم روی مقدار آخال  $\text{MgO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3$  در مذاب فولاد را نشان می دهد. با استفاده از شکل (۶)، وقتی مقدار  $2 \times 10^{-4}$  درصد کلسیم به مذاب فولاد اضافه شود، آخال های  $\text{MgO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3$  می توانند به طور کامل به آخال های مذاب کمپلکس تبدیل شوند.



شکل ۵. ارتباط مقدار کلسیم اضافه شده با ترکیب آخال‌های مذاب



شکل ۶. ارتباط مقدار کلسیم اضافه شده با مقدار  $MgO \cdot Al_2O_3$

### ۳. نتایج

۲- بر اساس شرایط آزمایشگاهی حاضر، جهت جلوگیری از تشکیل آخال‌های  $MgO \cdot Al_2O_3$ ، باید میزان کلسیم حل شده در مذاب فولاد به  $1 \times 10^{-4}$  درصد برسد.

۳- آخال‌های اسپینل حتی با مقادیر کم Mg در فولاد تشکیل می‌شوند. هر چه میزان کلسیم افزوده شده به مذاب فولاد بیشتر باشد، درصد MgO و  $Al_2O_3$  در ناخالصی‌ها کاهش یافته و درصد CaO افزایش می‌یابد و درصد ناخالصی‌ها تغییرات ناچیزی دارد.

۱- عمدتاً سه نوع آخال شامل MgO در حین عملیات LF فولاد آلیاژی وجود دارد: آخال‌های اسپینل، آخال‌های کمپلکس  $CaO-MgO-SiO_2$  و آخال‌های کمپلکس  $CaO-Al_2O_3-MgO$  و  $Al_2O_3$ . سلسله مراتب استحاله آخالها در حین متالورژی ثانویه به صورت زیر است:

$$MgO \cdot Al_2O_3 \rightarrow CaO-Al_2O_3-MgO \text{ کمپلکس} \rightarrow MgO \cdot Al_2O_3$$

## تحقیقی بر تولید چدن سبک\* (LWCI<sup>1</sup>)

ترجمه و تدوین: مهندس حمید سازگاران<sup>۱</sup> و دکتر علیرضا کیانی رشید<sup>۲</sup>

(۱) دانشجوی دکتری، گروه مهندسی متالورژی و مواد، دانشکده مهندسی، دانشگاه فردوسی مشهد

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

### چکیده

در این پژوهش، قطعات ریخته‌گری توسط روشی که ذرات کروی اکسید آلومینیوم را در زمینه چدن ایجاد می‌کند، تولید شدند. ریز ساختارهای انجمادی بی‌مانند شامل جوانه‌زنی ندول‌های<sup>۲</sup> گرافیتی در اطراف ذرات آلومینا می‌باشند و وابستگی مورفولوژی گرافیت به درصد آلومینیوم موجود در زمینه بحث شده است. همان‌طور که قانون اختلاط پیش‌بینی می‌کند، افزودن ذرات سرامیکی به زمینه چدن، کاهش دانسیته و افزایش مدول الاستیک را باعث خواهد شد. توانایی ماده زمینه جهت تر کردن ذرات سرامیکی با توجه به انرژی اضافی مورد نیاز برای ریزساختارهای به دست آمده کنترل شده و توزیع یکنواخت تقویت‌کننده نیز مورد بررسی قرار گرفته است.

کلمات کلیدی: چدن سبک، ریخته‌گری، آلومینا، مورفولوژی

### مقدمه

توسعه چدن سبک یک عامل بالقوه عمده در صنعت چدن، توسط تولید مواد مرکب زمینه فلزی<sup>۳</sup> امکان‌پذیر می‌باشد که با رشد و توسعه تکنولوژی مواد مرکب زمینه آلومینیوم رقابت می‌کند. استفاده از الگوهای مرسوم چدن با رعایت چگونگی شکل، تناسب و پیروی اجزای مرتبط جهت تولید کامپوزیت‌های مطلوب فراهم می‌باشد و این در صورتی از جذابیت کافی برخوردار می‌باشد که دانسیته آن کاهش یابد. پیش‌بینی می‌شود که چدن LWCI یک محصول بالقوه و رقابتی بازار چدن باشد و این به واسطه به هنگام شدن تکنولوژی مواد مرکب زمینه فلزی غیر آهنی است که صنعت چدن را تهدید می‌کند.

کاهش وزن یکی از عواملی است که خودروسازان و تولیدکنندگان خودروهای سنگین جهت انطباق با استانداردهای CAFE بر روی آن متمرکز شده‌اند. وسایط نقلیه ساخته شده برای صنایع دفاع ایالات متحده، به صورت قراردادی،

محدودیت‌های وزنی برای بهبود حداکثر قابلیت حمل بار و ترابری هوایی را دارند. تکنولوژی LWCI مورد استفاده برای اجزای تعلیقی (سوسپانسیون‌ها) وسایط نقلیه، پتانسیل کاهش وزن اجزای مرتبط با یکدیگر را دارد که شامل هر دو مزیت می‌باشد. اگر چه فواید کاهش وزن وسیله نقلیه اهمیت ویژه‌ای را در صرفه‌جویی مواد دارا می‌باشد، ولی مزیت غیر قابل مشاهده‌ای نیز به صورت تغییر نسبت وزن وسیله نقلیه وجود دارد. تغییرات در این نسبت می‌تواند به صورت قابل توجهی خصوصیات جابجایی و حرکت وسیله نقلیه را بهبود دهد که نوز، ارتعاش و دشواری (NVH) راندن را کاهش می‌دهد. همراه با کاهش دانسیته، چدن LWCI دارای مدول الاستیک بیشتر و مقاومت سایشی بالاتر، بدون نیاز به عملیات حرارتی بعدی می‌باشد. چدن LWCI می‌تواند در مواردی بر چدن نشکن آستمپر شده<sup>۴</sup> نیز برتری داشته می‌باشد.

این تحقیق بر روی نتایج متالوگرافی به دست آمده از ذرات کروی  $\alpha\text{-Al}_2\text{O}_3$  در یک زمینه چدن نشکن متمرکز شده است. قابلیت تجاری مواد مرکب  $\text{Al}/\text{Al}_2\text{O}_3$  تقویت شده با ذرات ناپیوسته می‌تواند به معنای این باشد که ذرات سرامیکی، با استفاده از فرآیندهای متالورژی ذوبی، می‌توانند در یک زمینه چدنی قرار گیرند. زمینه آلومینیوم با  $\text{Al}_2\text{O}_3$  و نتیجتاً تولید مواد مرکب زمینه فلزی  $\text{Al}/\text{Al}_2\text{O}_3$ ، به عنوان یک ماده اتصال دهنده دما پایین هنگامی که در معرض چدن نشکن مذاب قرار می‌گیرد، ذوب می‌شود و مذاب چدن، ذرات اکسید آلومینا و

\* این متن ترجمه کاملی از مقاله زیر است:

“R. M. Hathaway, P. K. Rohatgi, Research into production of a Light Weight Cast Iron (LWCI)”, Int. Conf. HIGH TEMPERATURE CAPILARITY, Cracow, Poland, 29 June - 2 July 1997.

<sup>1</sup> Light Weight Cast Iron

<sup>2</sup> Nodules

<sup>3</sup> Metal Matrix Composite (MMC)

<sup>4</sup> Austempered Ductile Iron (ADI)



آلومینیوم مذاب را همراه با خود به درون قالب قطعه ریختگی چدنی انتقال می‌دهد.

در روش افزودن مواد سرامیکی، به کارخانه‌ی ریخته‌گری با توانایی تولید قطعات چدن استاندارد توسط امکانات محدودی همچون یک بوته ریخته‌گری نیاز می‌باشد. سه مشکل مرتبط با توسعه مواد چدنی سبک وجود دارد که شامل موارد زیر می‌شوند.

۱- روش وارد کردن سرامیک به چدن مذاب

۲- اختلاف دانسیته بین ذرات سرامیکی و زمینه چدنی

۳- اثر افزودن تقویت‌کننده سرامیکی ناپیوسته بر روی خواص فیزیکی و مکانیکی ماده

اختلاف دانسیته بین تقویت‌کننده و چدن مذاب موجب توزیع غیر همگن تقویت‌کننده به عنوان یک جز در هنگام سرد شدن خواهد شد. توزیع یکنواخت تقویت‌کننده مطلوب می‌باشد و برای ثابت نگه داشتن پایداری خواص ماده در سطح مقطع ضروری می‌باشد. تقویت‌کننده ذرات اکسید آلومینیوم، دانسیته پایین‌تری دارند و تمایل دارند که در چدن مذاب شناور شوند. تقویت‌کننده موضعی مرجح، مزیت تمایل به شناوری سرامیک در فلز مذاب را فراهم می‌سازد که مزیت‌هایی که تقویت‌کننده موضعی نیاز دارد، همانند مقاومت سایشی و خراشی را ارائه می‌دهد.

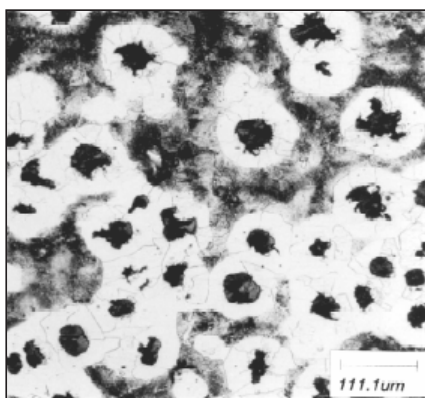
این تحقیق بر روی کاهش دانسیته چدن نشکن استاندارد، با درجه D4512 تعریف شده بر اساس استاندارد SAE J434، و بر روی ارزیابی برهمکنش بین رسوب گرافیت روی اکسید آلومینیوم کرومی موجود و کسر حجمی آلومینیوم در زمینه فریتی چدن متمرکز شده است.

## نتایج آزمایشگاهی

آزمایشات در کارخانه ریخته‌گری محلی Milwaukee همراه با آزمایشگاه انجماد در دانشگاه Wisconsin - Milwaukee انجام شد. درگیری مستقیم یک کارخانه در حال کار، عملی بودن تلاش‌های انجام شده در یک محیط تولیدی را استدلال می‌کند. هدف اولیه فراهم‌سازی توسعه یک تکنولوژی می‌باشد که به راحتی قابل استفاده باشد. یک نمونه اولیه چدن ریختگی سبک بعد از ۶ ماه ارزیابی داخلی بین شرکت تولید کامیون Oshkosh و دکتر P.K. Rohatgi از گروه مهندسی مواد دانشگاه U.W. Milwaukee، تولید شد. محصول Comral 90F

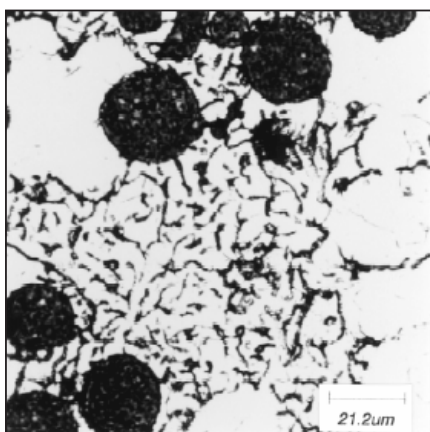
با ۲۰ درصد حجمی از ذرات اکسید آلومینیوم کرومی ناپیوسته، در قطرهایی از ۹ تا ۱۵ میکرون، در یک زمینه چدن نشکن با استفاده از یک روش جدید که اخیراً در یک ثبت اختراع ارائه شده است، افزوده شده است. این ذرات ۹۰F در یک قالب مناسب و در ته لوله راهگاه قرار گرفتند. در تماس با چدن نشکن مذاب، زمینه آلومینیوم محصول Comral به یک حالت مایع تبدیل می‌شود. جریان چدن نشکن به درون مذاب موجب توزیع شدن ذرات درون قطعه ریختگی می‌شود. نمونه اولیه ریختگی به صورت موفقیت‌آمیز به صورت یک فرآیند قابل اجرا بود که تقویت‌کننده سرامیکی ناپیوسته می‌تواند به یک زمینه چدنی افزوده شود.

شکل ۱ یک سطح مقطع متالوگرافی از ماده چدن نشکن اصلی را نشان می‌دهد. شکل ۲ سطح مقطع متالوگرافی اچ شده را نشان می‌دهد که بیانگر ذرات اکسید آلومینیوم کرومی احاطه شده توسط گرافیت در یک زمینه فریتی به صورت برجسته و متمایز می‌باشد. آزمایشات متالوگرافی انتقال موفقیت‌آمیز ذرات آلومینای کرومی به درون قطعه ریختگی را آشکار می‌سازند. بنابراین توزیع همگن ذرات قابل دستیابی نمی‌باشد. همان‌طور که پیش‌بینی می‌شد، مقادیر بیشتری از درصد حجمی ذرات در برخی نواحی قطعه ریختگی وجود دارد. از این رو، فرآیند یک پتانسیلی برای انتقال ذرات سرامیکی کرومی در زمینه چدن مذاب به صورت موضعی ارائه می‌دهد.

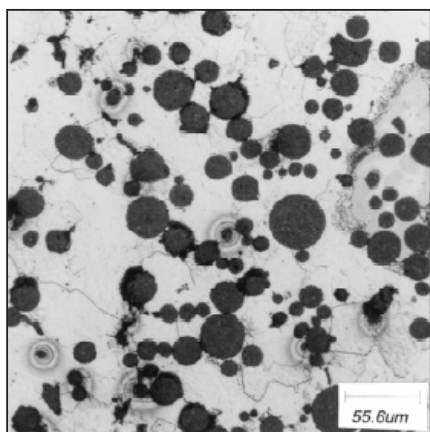


شکل ۱. تصویر میکروسکوپی از قطعه چدن نشکن ریختگی.

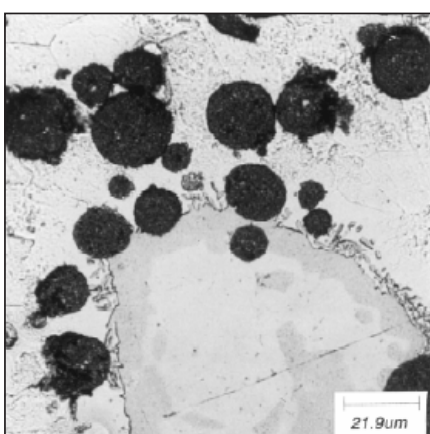
شاید نتایج جالب‌تر قابل آشکارسازی این باشد که جوانه‌زنی گرافیت در اطراف ذرات کرومی آلومینا است که در نواحی زمینه فریتی با درصد پایین آلومینیوم صورت می‌گیرد. شکل ۳، اثر درصد آلومینیوم روی زمینه را نشان می‌دهد که گرافیت جوانه‌زنی می‌کند، ذرات آلومینا را پوشش می‌دهد و بخش دیگری از ریز



شکل ۴. ریز ساختار وجود اکسید آلومینیوم در یک ناحیه با درصد بالای آلومینیوم را نشان می‌دهد. گرافیت دارای مورفولوژی ورقه‌ای است و هیچ‌گونه گرافیت احاطه‌کننده ذرات اکسیدی مشاهده نمی‌شود.

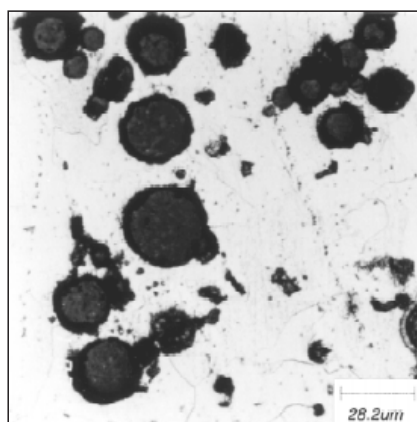


شکل ۵. ذرات اکسیدی در یک زمینه فریتی غالب.



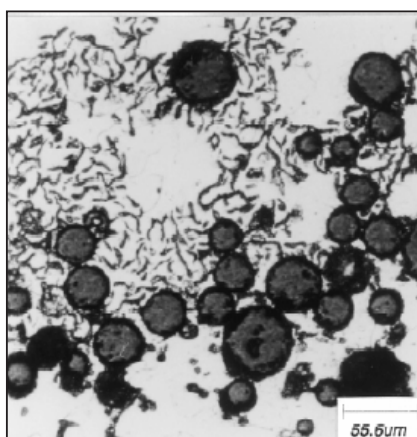
شکل ۶. تصویر میکروسکوپی نشان‌دهنده ناحیه‌ای در ریز ساختار است که  $Al/Al_2O_3$  به دمای کافی جهت انحلال کامل نرسیده است و یک فصل مشترک قابل تشخیص بین  $Al/Al_2O_3$  و زمینه چدن نشکن وجود دارد.

ساختار نشان‌دهنده مورفولوژی گرافیت ورقه‌ای<sup>۱</sup> می‌باشد که از درصد وزنی بالای آلومینیوم در زمینه ناشی می‌شود.



شکل ۲. سطح مقطع متالوگرافی اچ شده که بیانگر ذرات اکسید آلومینیوم کروی احاطه شده توسط لایه‌ای از گرافیت در یک زمینه فریتی و به صورت برجسته و متمایز می‌باشد.

شکل ۴ وجود اکسید آلومینیوم در یک ناحیه با درصد وزنی بالای آلومینیوم را نشان می‌دهد. گرافیت دارای مورفولوژی ورقه‌ای است و هیچ‌گونه گرافیت احاطه‌کننده ذرات اکسیدی مشاهده نمی‌شود. شکل ۵، ذرات را در یک زمینه فریتی غالب نشان می‌دهد. شکل ۶ ناحیه‌ای در ریز ساختار را نشان می‌دهد که  $Al/Al_2O_3$  به دمای کافی برای دستیابی به انحلال کامل نمی‌رسد و بنابراین یک فصل مشترک مجزا بین  $Al/Al_2O_3$  و زمینه چدن نشکن تشکیل می‌شود. شکل ۷ ذرات وارد شده به درون زمینه آهنی از  $Al/Al_2O_3$  را نشان می‌دهد.



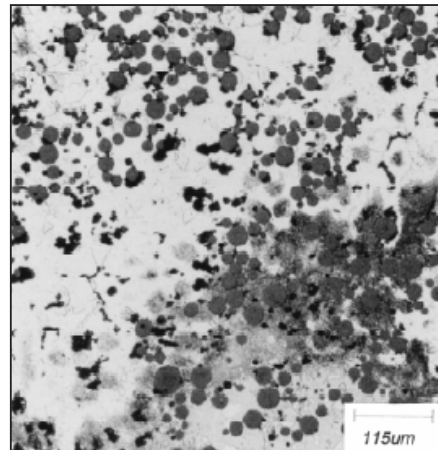
شکل ۳. تصویر میکروسکوپی اثر درصد آلومینیوم روی زمینه را نشان می‌دهد که گرافیت جوانه‌زنی می‌کند و ذرات آلومینا را پوشش می‌دهد و بخش دیگری از ریز ساختار نشان‌دهنده مورفولوژی گرافیت ورقه‌ای می‌باشد که از درصد وزنی بالای آلومینیوم ناشی می‌شود.

<sup>1</sup> Graphite flake-like morphology



با توجه به پژوهش‌های انجام شده در مرجع ۶ الگوی اشعه ایکس به دست آمده از میکروسکوپ الکترونی روبشی نشان می‌دهد که اتم‌های آلومینیوم در چدنی خاکستری با ۲ درصد وزنی آلومینیوم تقریباً در تمامی زمینه آلیاژ توزیع شده‌اند و به صورت کامل در جایی که لایه‌های گرافیتی وجود دارند، از بین می‌روند. افزودن آلومینیوم به مقدار ۱/۲۵ و ۳/۸ درصد به صورت قابل توجهی موجب بهبود خواص کششی چدن نشکن در دمای اتاق می‌شود، اما با کاهش قابل توجهی در درصد افزایش طول و کاهش سطح مقطع همراه می‌باشد. ترکیباتی با مقادیر بالای سیلیسیوم به همراه آلومینیوم و مولیبدن موجب تولید چدن‌های نشکن با کیفیت‌های عالی برای کاربردهای دما بالا می‌شود و این در حالی است که برخی از مشکلاتی که در تولید چدن نشکن حاوی ۵ تا ۶ درصد آلومینیوم وجود داشت [۱]، دیگر رخ نمی‌دهند. آلیاژهایی در زمینه‌ای با مقدار آلومینیوم ۰ تا ۵ درصد، نرم و شکل‌پذیر هستند و بنابراین می‌تواند به صورت مکانیکی در هر دو شرایط سرد و گرم شکل‌دهی شوند. هر چند که آلیاژهای حاوی ۵ تا ۱۶ درصد آلومینیوم، هنگامی که شکل‌دهی سرد می‌شوند، در آن‌ها ترک ایجاد می‌شود و بنابراین باید برای جلوگیری از ایجاد ترک در آن‌ها، کار مکانیکی گرم انجام شود. آلیاژهای بالای ۱۶ درصد وزنی آلومینیوم نمی‌توانند به صورت مکانیکی، چه به صورت سرد و چه به صورت گرم، شکل‌دهی شوند و باید توسط فرآیندهای سنگ‌زنی به ابعاد نهایی برسند [۶].

در تحقیق حاضر، اسپکتروآنالیز و آنالیز EDS روی بخش‌هایی از قطعه ریختگی برای ارزیابی ترکیب کلی و درصد وزنی آلومینیوم در سرتاسر قطعه ریختگی انجام شده‌اند. شکل‌های ۸ و ۹ نشان‌دهنده ارتباط بین ترکیب شیمیایی عناصر و ریز ساختار مرتبط می‌باشند. مناطق لوزی شکل مربوط به فرورونده‌های سختی نوپ مورد استفاده برای تعیین خصوصیات متالوگرافی نسبی موضعی برای آنالیز EDS عنصری در میکروسکوپ الکترونی عبوری است. همراه با آنالیز EDS، بخش‌های متالوگرافی یک سطح شکست در حین آماده‌سازی متالوگرافی ایجاد شده است که در شکل‌های ۱۰ و ۱۱ مشاهده می‌شوند. شکست توسط یک میکروسکوپ الکترونی روبشی برای ارزیابی وجود و چسبندگی ذرات سرامیکی به زمینه چدن در یک ناحیه با درصد آلومینیوم بالا و مورفولوژی گرافیت ورقه‌ای



شکل ۷. تصویر میکروسکوپی نشان‌دهنده ورود  $Al/Al_2O_3$  به درون زمینه فریتی می‌باشد.

## بحث

نقطه ذوب ۶۶۰ درجه سانتی‌گراد آلومینیوم موجب ایجاد انحلال آسان در مذاب ۱۴۸۲ درجه سانتی‌گراد چدن می‌گردد و ذرات سرامیکی با جریان مذاب درون قطعه ریختگی انتقال می‌یابند. آلومینیوم یک ماده اتصال‌دهنده ایده‌آل برای ذرات آلومینا می‌باشد و دلیل آن قابلیت انحلال نسبتاً بالای چدن برای آلومینیوم، بدون تأثیر منفی بر خواص فیزیکی و مکانیکی آن می‌باشد. این نتایج با اطلاعات موجود در مرجع ۲ هم خوانی دارد. دلیل اولیه برای افزودن آلومینیوم به چدن این است که مقاومت اکسیداسیون دمای بالا را بهبود بخشد، اما علاوه بر این، آلومینیوم می‌تواند تأثیر شدیدی روی ریز ساختار داشته باشد که موجب تغییر در تمایل برای تشکیل گرافیت و کاربید می‌شود. افزودن ۰ تا ۳۰ درصد آلومینیوم به عنوان یک عنصر آلیاژی در چدن سبب تولید چندین محلول جامد با سه ریز ساختار مجزا می‌شود که به صورت زیر ارائه می‌شوند [۲-۵].

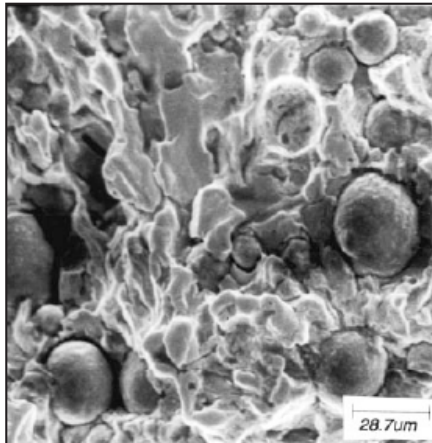
۱- بین ۰ تا ۶ درصد آلومینیوم، گرافیت دارای مورفولوژی ورقه‌ای می‌باشد و زمینه مخلوطی از فریت و پرلیت می‌باشد.

۲- بین ۶ تا ۲۰ درصد آلومینیوم، ماده چدن سفید بدون گرافیت به همراه کاربید پایدار  $Fe_3AlC_{0.65}$  می‌باشد.

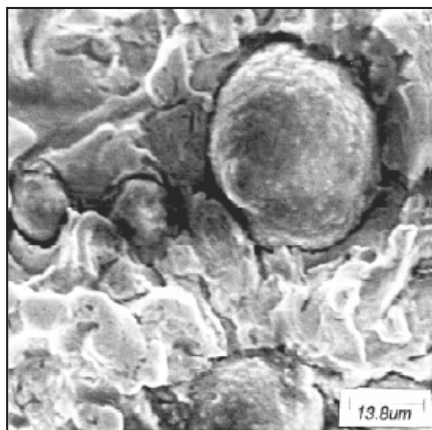
۳- بین ۲۰ تا ۳۰ درصد آلومینیوم، گرافیت دوباره مورفولوژی ورقه‌ای خواهد داشت و زمینه غالباً فریتی می‌باشد.

علاوه بر این، آلومینیوم دمای انتقال فریت به آستنیت را افزایش می‌دهد و نهایتاً تأثیراتی منفی بر کرویت<sup>۱</sup> چدن دارد.

<sup>۱</sup> Nodularity



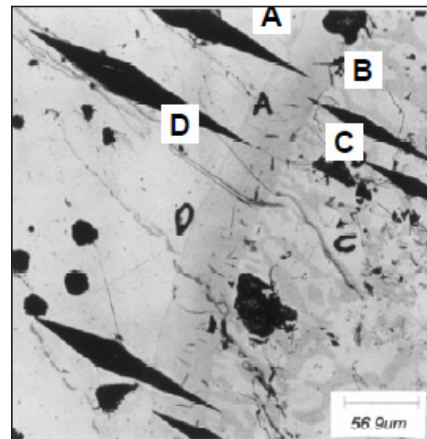
شکل ۱۰. نمونه به کمک یک میکروسکوپ الکترونی روبشی آزمایش شده است تا شکل ظاهری و میزان چسبندگی ذرات سرامیکی در زمینه چدنی در ناحیه‌ای با درصد بالای آلومینیوم و مورفولوژی ورقه‌ای گرافیت ارزیابی شود.



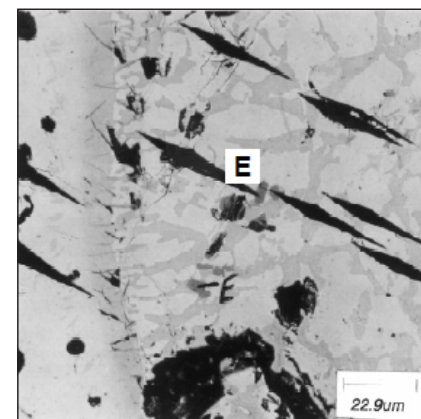
شکل ۱۱. نمونه به کمک یک میکروسکوپ الکترونی روبشی آزمایش شده است تا شکل ظاهری و میزان چسبندگی ذرات سرامیکی در زمینه چدنی در ناحیه‌ای با درصد بالای آلومینیوم و مورفولوژی ورقه‌ای گرافیت ارزیابی شود.

در تلاشی برای درک برهمکنش بین عناصر سازنده مختلف در این سیستم، آزمایش ترشوندگی در مورد یک قطره چسبیده توسط N. Sobczak در انستیتو تحقیقاتی ریخته‌گری خارکوف لهستان انجام شد و قابلیت زمینه چدن برای ترکندگی و اتصال با یک تقویت‌کننده آلومینیوم ارزیابی شد. یک نمونه چدن نشکن بر روی یک زیرلایه  $\alpha\text{-Al}_2\text{O}_3$  در خلأ  $10^{-3}$  Pa و در دمای بالا قرار داده شده است. شروع ذوب شدن تقریباً در دمای ۱۱۵۰ درجه سانتی‌گراد مشاهده می‌شود. در دمای ۱۳۰۰ درجه سانتی‌گراد، پدیده ترشوندگی در مدت زمان ۳۰ دقیقه مشاهده

مورد آزمایش قرار گرفت که در شکل ۵ قابل مشاهده می‌باشد. این نتایج منطبق با نتایج ارائه شده در مرجع ۷ می‌باشد که یک فصل مشترک خیلی ضعیف بین زمینه و سرامیک آشکار شده است. آن‌ها نتیجه گرفتند که عدم هم‌دوسی فصل مشترک به خاطر انبساط زمینه بعد از استحاله از آستنیت به پرلیت می‌باشد که ممکن است منجر به ایجاد یک شکافی در فصل مشترک شود [۷]. این جالب است که شکست به اطراف رشد می‌کند و به درون ماده سرامیکی رشد نمی‌کند. هر چند که آنالیز EDS برای شناسایی برجستگی‌های کروی روی سطح شکست با اکسید آلومینیوم دارای قطری در حدود ۹ تا ۱۵ میکرون که در آزمایشات مشاهده می‌شود، انجام نشده است.



شکل ۸. با توجه به جدول ۱ ارتباط بین ترکیب عنصری و ریز ساختار نمایش داده شده است. اشکال لوزی‌گونه در نتیجه عملکرد فرورونده سختی‌سنجی نوپ است که برای تعیین و تشخیص سیمای متالوگرافیک و ارتباط آن با آنالیز EDS در میکروسکوپ الکترونی روبشی استفاده شده است.



شکل ۹. با توجه به جدول ۱ ارتباط بین ترکیب عنصری و ریز ساختار نمایش داده شده است. اشکال لوزی‌گونه در نتیجه عملکرد فرورونده سختی‌سنجی نوپ است که برای تعیین و تشخیص سیمای متالوگرافیک و ارتباط آن با آنالیز EDS در میکروسکوپ الکترونی روبشی استفاده شده است.

جوانه زنی پایدار گرافیت در اطراف ذرات آلومینا ممکن است به صورت کلی بر ذرات اکسید آلومینیوم تأثیر گذارد و اثرگذاری بر خواص مکانیکی ماده قابل چشم پوشی باشد. هر چند اگر ذرات اکسید آلومینیوم توسط خودشان در یک زمینه فریتی ساکن شوند و اگر توسط زمینه تر شوند، آنگاه یک کامپوزیت چدن ممکن است بر اساس محدودیت های تعریف تولید شود.

### نتیجه گیری

افزودن موفقیت آمیز ذرات آلومینیوم کرومی در زمینه چدن نشکن، کاهش دانسیته چدن نشکن و بهبود مدول الاستیک آن را همان طور که توسط قانون اختلاط پیش بینی می شد، فراهم می سازد. اضافه کردن ذرات  $Al_2O_3$  به زمینه چدن نشکن با استفاده از آلومینیوم به عنوان ماده اتصال دهنده نتایج زیر را نشان می دهد:

- افزایش درصد وزنی آلومینیوم موجود در زمینه فریتی موجب تغییر مورفولوژی گرافیت به ورقه ای شکل می شود.
- هنگامی که درصد وزنی آلومینیوم در زمینه فریتی کاهش می یابد، گرافیت تمایل دارد که به صورت کرومی باقی بماند و ذرات کرومی اکسید آلومینیوم را پوشش دهد.
- این نواحی در ریخته گری در زمانی که آلومینوم به صورت کامل ذوب نشده است، یک فصل مشترک مجزا بین چدن نشکن و کامپوزیت  $Al/Al_2O_3$  تولید می کند که سبب ایجاد گرافیت با مورفولوژی کرومی در زمینه فریتی می شود.
- اتصال فصل مشترکی ضعیف بین ذرات اکسید آلومینیوم و زمینه با مورفولوژی گرافیت ورقه ای شکل بعد از ایجاد شکست و مشاهده عبور شکست در اطراف ذرات سرامیکی به جای رشد از میان آنها آشکار شد.

نمی شود. در دمای  $1350^\circ C$  درجه سانتی گراد، ترشوندگی بعد از تقریباً ۵ دقیقه مشاهده می شود و زاویه تماس برابر  $90^\circ$  درجه می گردد. بعد از ۲۰ تا ۲۵ دقیقه ننگه داری بر روی زیرلایه در همان دما، زاویه تماس تقریباً به  $80^\circ$  درجه کاهش می یابد. در دمای  $1350^\circ C$  درجه سانتی گراد، قطره مذاب شده چدن نشکن بر روی زیرلایه  $\alpha-Al_2O_3$  تغییر موقعیت می دهد.

جدول ۱. وزن عنصری بر حسب درصد در موقعیت های مشخص شده در شکل های ۸ و ۹.

موقعیت	A	B	C	D	E
Na	۹/۲	۹/۴	۱۶/۳	۳/۱	۱۹/۴
Al	۱۹/۵	۱۹/۲	۳۸/۱	۵/۱	۶۸/۸
Si	۴/۱	۷/۹	۳/۰	۳/۶	۴/۰
Fe	۶۷/۲	۶۳/۵	۴۲/۶	۸۸/۲	۷/۸

این مسئله قبلاً نیز توسط نتایج منتشر شده تأیید شده است که در شرایط هوا به عنوان مثال گاز دی اکسید کربن نشان داده شده است که زیرلایه  $\alpha-Al_2O_3$  توسط آلیاژهای آهن و کربن تر می شود. اگر یک ذره اکسید آلومینیوم بتواند توسط سیستم آهن و کربن تر شود و انتخاب مناسب پارامترهای فرآیند صورت گیرد، آنگاه اتصال فصل مشترک ممکن است برای ایجاد یک کامپوزیت زمینه آهنی واقعی با استفاده از تکنولوژی فرآیند پراکندگی مایع صورت گیرد. علاوه بر این، تلاش برای این سیستم شامل مطالعه شیمیایی و کلی فصل مشترک تشکیل شده در بین زیرلایه  $\alpha-Al_2O_3$  و چدن نشکن با استفاده از تکنیک های XPS خواهد بود.

تحت شرایط معین، آشکار می شود که اگر ذرات آلومینا محل های جوانه زنی ضروری را فراهم سازند، کلوخه های گرافیت تشکیل می شوند و این ذرات را محصور می سازند.

## مراجع

- [1] Iron Casting Handbook, pp. 427-461, C.F. Walton, editor, 1971.
- [2] L. Minkoff, The Physical Metallurgy of Cast Iron, pp. 195-202.
- [3] J.A. Yaker, L.E. Byrnes, W.C. Leslie, E.U. Petitbon, Microstructures and Strength of Aluminum Containing Gray and Nodular Irons in the Temperature Range 1200-1800F (649- 982C), AFS Transactions, Vol. 84, pp. 305-320, 1976.
- [4] K. Löhberg and A. Ueberschaer, A Furthur Transitory Equilibrium in the Iron Corner of the Iron-Carbon-Aluminum System, Giessereiforschung in English, 1969, v. 21, No. 4, pp. 167- 169, BCIRA.
- [5] P.J. Bilek, J.M. Dong, T.K. McCluhn, The Roles of Ca and Al in Inoculation of Gray Iron, AFS Transactions, pp. 183-188.
- [6] R.P. Walson, Aluminum Alloyed Cast Iron Properties Used in Design, AFS Transactions, pp. 51-58, Vol. 85, 1977.
- [7] J. Bendixen and A. Mortensen, Particle/Matrix Bonding in Alumina-Steel Composites, Scripta Metallurgica, Vol. 25, pp. 1917-1920, 1991.

## آیا می دانید:

در جهان در سال گذشته بیش از ۵۳۰ میلیون تن قراضه فولادی بازیافت شده است.

منبع: مرجع فولاد ۹۰

بیش از ۶۵ درصد فولاد زنگ نزن جهان در آسیا تولید می شود.

منبع: مرجع فولاد ۹۰



## شبیه سازی عددی تغییرات رسوب گذاری دراز مدت در فولادهای نسوز آستنیتی\*

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

کارشناس ارشد مهندسی مواد، گرایش ریخته گری

### چکیده

مقاومت به خزش بالاتری نسبت به فولادهای نسوز فریتی دارند. در کل باید گفت که فولادهای نسوز فریتی و آستنیتی به ترتیب در دمای ۶۲۰ و ۶۷۵ C قابلیت کاربرد دارند در این رابطه، نقش مهم رسوب در دستیابی به خواص خزشی مطلوب در فولادهای نسوز، قابل بررسی است.

یکی از مهم ترین راه های موثر برای بهبود خواص خزشی، توزیع یکنواخت رسوبات ریز همراه با پایداری حرارتی مناسب و دراز مدت در دمای کاری بالا است. در فولادهای نسوز آستنیتی تجاری رسوبات متفاوتی از جمله کاربیدها، نتریدها و فازهای بین فلزی شکل می گیرند. علاوه بر تحقیقات عملی اخیراً تلاش های اندکی برای شبیه سازی سینتیک رسوبات در فولادهای آستنیتی صورت گرفته است. شبیه سازی تشکیل فازها در مورد فولادهای زنگ نزن آستنیتی ۳۴۷ و ۳۲۱ توسط نرم افزار diCtra صورت گرفت. اخیراً Toda روش انرژی آزاد سیستم را برای پیش گویی رسوب گذاری در فولاد ۳۰۴ H مورد استفاده قرار داده است.

### مواد و روش های شبیه سازی

پنج نوع مختلف از فولاد های نسوز آستنیتی (Super304H و SaniCro25، CF8C، PLUS، HTPUS NF709) برای شبیه سازی تغییرات رسوب گذاری انتخاب شدند. ترکیب شیمیایی این فولادها در جدول (۱) آمده است. این فولادها حاوی ۱۴ تا ۲۲ درصد وزنی کروم اند، در حالی که این میزان کروم، بیشتر از میزان لازم این عنصر در فولاد های فریتی است. نیکل به عنوان پایدار کننده آستنیت (۹-۲۵ %wt) همواره بایستی در کنار کروم به عنوان یک پایدار کننده قوی فریت، برای ثابت نگه داشتن آستنیت در زمینه وجود داشته باشد. میزان منگنز نیز که نقشی مشابه با نیکل در فولاد بازی می کند نسبتاً در فولاد CF8C-PLUS بالا است و لذا میزان نیکل در این فولاد کاهش

\* این متن ترجمه مقاله زیر است:

“Numerical simulation of long-term precipitate evolution in austenitic heat-resistant steels”, Jae-Hyeok Shim et al.

<sup>۱</sup> Artmus2009@gmail.com.

شبیه سازی عددی رسوب گذاری دراز مدت برای ۵ نوع فولاد نسوز آستنیتی (Super304H و SaniCro25، CF8C، PLUS، HTPUS NF709) متفاوت مورد آزمایش قرار گرفت. کاربیدهای MX و  $M_{23}C_6$  رسوبات اصلی هستند که در حین پیرسازی دراز مدت در فولاد تشکیل می شوند. متوسط اندازه دانه ای MX کمتر از چند ده نانومتر در حین فرایند پیر سازی است، در حالی که اندازه کاربید  $M_{23}C_6$  متجاوز ۱۰۰ nm بعد از گذشت ۱۰۰۰۰۰ ساعت پیرسازی در دمای ۷۰۰ C است. افزودن ۳٪ wt مس سبب تولید رسوبات غنی از مس بسیار ریز در حین فرآیند پیرسازی در فولادهای Super 304 H و SaniCro25 می شود.

مقدار فاز z در فولاد های حاوی نیتروژن بالا، با مصرف رسوبات MX در مدت زمان ۱۰۰۰۰-۱۰۰۰۰۰ h افزایش قابل ملاحظه ای دارد. نرخ رشد فاز z بسیار آهسته است و اندازه متوسط آنها کمتر از ۱۰ nm بعد از ۱۰۰۰۰۰ ساعت پیرسازی در ۷۰۰ C در مقایسه با فولادهای نسوز فریتی حاوی ۱۲-۹ کروم است. در این مطالعه نحوه رسوب گذاری، شبیه سازی شده و مشاهده می شود که اندازه رسوبات بدست آمده با اندازه رسوبات حاصل از آزمایشات تجربی مطابقت دارد. کلمات کلیدی: فولاد نسوز، فولاد آستنیتی، رسوب گذاری، شبیه سازی عددی

### مقدمه

کار در دمای بالا ضرورتاً نیاز به توسعه آلیاژهای نسوز با استحکام خزشی بالاتر و نیز مقدار قابل قبول داکتیلیته خزشی دارد. فولادهای نسوز فریتی حاوی ۱۲-۹ کروم، به طور گسترده ای در نیروگاه های برق مورد استفاده قرار می گیرند. این فولادها دارای هدایت حرارتی بالا، ضریب انبساط حرارتی پایین و حساسیت کم به خستگی حرارتی هستند. با این وجود اخیراً تمایل به استفاده از فولادهای نسوز آستنیتی در نیروگاه های برق افزایش یافته است. به دلیل اینکه فولادهای نسوز آستنیتی

جدول ۱. ترکیب شیمیایی فولاد های آستنیتی مقاوم به حرارت

Chemical compositions of the austenitic heat-resistant steels (wt%).													
Steel	Fe	C	Cr	Ni	Mn	Si	Mo	W	Nb	Ti	V	Cu	N
NF709	bal.	0.15	20.0	25.0	1.0	0.5	1.5	-	0.2	0.1	-	-	0.167
Super304H	bal.	0.1	18.0	9.0	0.8	0.2	-	-	0.4	-	-	3.0	0.1
Sanicro25	bal.	0.08	22.0	25.0	1.0	0.1	-	3.5	0.5	-	-	3.0	0.2
CF8G-PLUS	bal.	0.07	19.0	12.5	4.0	0.5	0.3	-	0.8	-	-	-	0.25
HTUPS	bal.	0.08	14.0	16.0	2.0	0.15	2.5	-	0.15	0.3	0.5	-	0.021

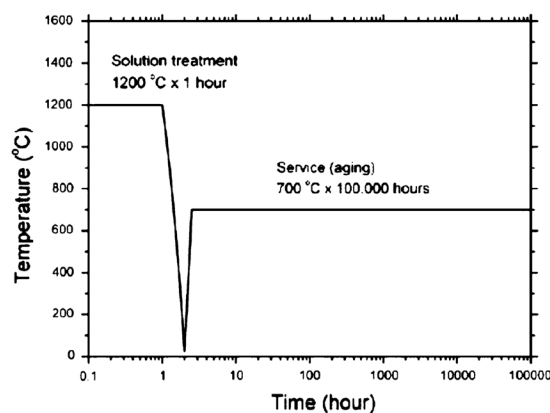
اندازه دانه های آستنیت ۲۵  $\mu\text{m}$  است.  $\text{M}_6\text{C}$ ،  $\text{M}_3\text{C}_2$ ،  $\text{MX}$ ،  $\text{M}_7\text{C}_3$ ،  $\text{M}_{23}\text{C}_6$ ، فاز  $Z$ ، فاز  $\sigma$  و مس در شبیه سازی فازهایی هستند که وجود داشتن آنها امکان پذیر است. مکان جوانه زنی  $\text{MX}$ ،  $\text{M}_{23}\text{C}_6$ ، فاز  $Z$ ، فاز  $\sigma$  و مس بر روی نابجایی ها، مرز دانه و مرز های فرعی است. اما  $\text{M}_3\text{C}_2$ ،  $\text{M}_6\text{C}$  و  $\text{M}_7\text{C}_3$  در داخل دانه و مرز های فرعی جوانه زنی می کنند. انرژی فصل مشترک رسوب یک فاکتور مهم برای تعیین نرخ جوانه زنی و رشد رسوبات است. در نرم افزار MatCalc انرژی فصل مشترک از داده های ترمودینامیکی محاسبه می شود. در این تحقیق مقدار انرژی فصل مشترک رسوبات کوهیرنت و نیمه کوهیرنت  $75-95\%$  به ترتیب برای فصل مشترک های تیز و صفحه ای در نظر گرفته می شود. مس به عنوان یک رسوب کوهیرنت به وسیله میکروسکوپ (TEM) قابل مشاهده است. فاز های  $\text{MX}$ ،  $\text{M}_7\text{C}_3$ ،  $\text{M}_{23}\text{C}_6$ ، فاز  $Z$  و فاز  $\sigma$  رابطه جهت گیری با آستنیت دارند. این فازها نیمه کوهیرنت هستند و برای ساده سازی آنالیز شکل رسوبات کروی در نظر گرفته می شود. شبیه سازی رسوبات نشان می دهد که دسته بندی های مختلفی از اندازه برای دانه هایی با ترکیب مشابه وجود دارد. نمودار عملیات حرارتی شبیه سازی شده در شکل (۱) رسم شده است. عملیات حرارتی با عملیات محلول سازی در دمای  $1200^\circ\text{C}$  به مدت یک ساعت آغاز می شود. فرض می شود که همه عناصر به طور یکنواخت در زمینه پراکنده شده و هیچ رسوبی وجود ندارد، بعد از عملیات محلول سازی فولادها به مدت ۱ ساعت تا دمای اتاق سرد می شوند و سپس به مدت ۳۰ دقیقه در دمای  $700^\circ\text{C}$  در پیر سانتی گراد قرار می گیرند تا عملیات پیر سازی انجام گیرد. پیر سازی در  $700^\circ\text{C}$  برای  $100000$  ساعت شبیه سازی می شود.

### بحث و نتیجه گیری

شکل (۲) کسر حجمی رسوبات مختلف را که در حین عملیات پیر سازی به وجود می آیند در مورد فولاد 709nf نشان می دهد. سه نوع رسوب  $\text{MX}$  و  $\text{M}_{23}\text{C}_6$  و فاز  $Z$  در حین فرایند پیر سازی

می یابد. مشابه با فولاد های نسوز فریتی  $\text{Mo}$  و  $\text{W}$  برای بهبود استحکام خزشی به این فولادها اضافه می شود به جز فولاد Super304H. همه فولادها حاوی میزان کمی نیوبوم هستند. حضور نیوبوم سبب تشکیل رسوبات  $\text{MX}$  ریز در فولاد می شود. فولاد های Super304H - Sanicro25 که حاوی  $3\% \text{wt}$  مس هستند، در حین فرآیند پیر سازی (محیط کاری) رسوبات غنی از مس تشکیل می دهند.

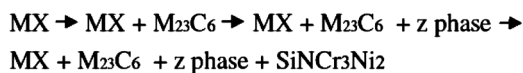
شبیه سازی تغییرات رسوب گذاری در فولاد توسط نرم افزار سینتیکی - حرارتی MatCalc (نسخه ۵/۳) توسط Kozeschnik و همکارانش انجام شد. سینتیک فرآیند ریز ساختار، بر پایه تئوری کلاسیک جوانه زنی است و معادلات تغییر شعاع و ترکیب هر رسوب توسط اصول اساسی ترمودینامیک بیان می شود. شبیه سازی داده های سینتیکی و ترمودینامیکی به وسیله نرم افزار MatCalc "mc-steel" نسخه ۱/۱۸ و "mc-Sample-fe" MatCalc نسخه ۱/۱ محاسبه شد. فاز زمینه در شبیه سازی آستنیت تعریف می شود و از استحاله جزئی زمینه به فریت در دمای پایین صرف نظر می شود. همچنین فرض می شود اندازه دانه های آستنیت  $50 \mu\text{m}$  است. این اندازه دانه آستنیت بعد از عملیات ترمومکانیکی در فولاد های آستنیتی مشاهده می شود. فرض می شود که دانسیته نابجایی زمینه آستنیتی  $10^{12} \text{m}^{-2}$  است. این مقدار مشابه با دانسیته نابجایی در فولاد زنگ نزن آستنیتی  $304$  است.



شکل ۱. نمودار عملیات حرارتی فولاد های مورد آزمایش

حاوی ۱۲-۹٪ کروم این است که این فولاد دارای مقادیر بالایی از نیوبیم و یا وانادیوم به همراه نیتروژن باشد. شیوه رشد فاز z در مورد فولادهای نسوز آستنیتی هم صادق است. پروفوسور Bhadeshia و همکارانش تحقیقاتی بر روی رفتار رسوب گذاری فولاد 709nf در عملیات پیرسازی طولانی برای مدت زمان ۱۰۰۰۰ ساعت در ۷۵۰ °C به وسیله میکروسکوپ TEM و آنالیز XRD انجام دادند.

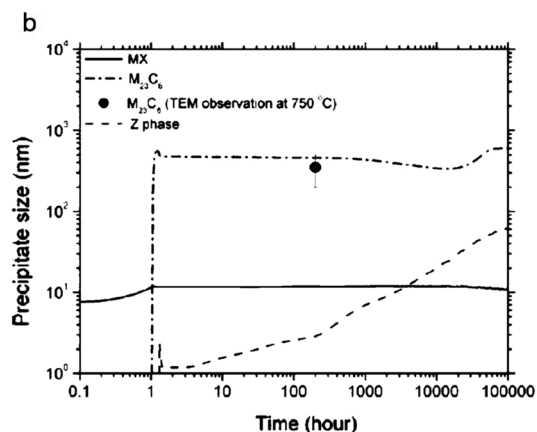
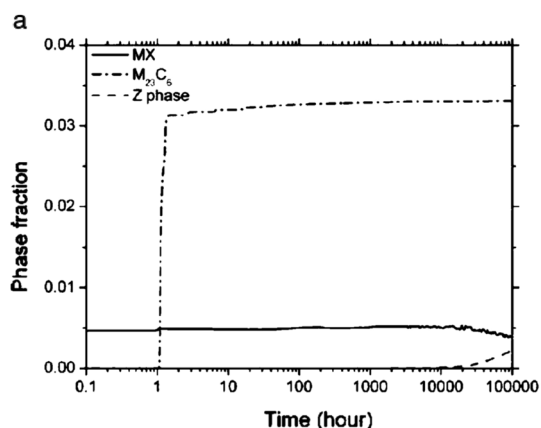
آنالیز XRD نشان می دهد، رسوب  $M_{23}C_6$  به عنوان رسوب اصلی در حین پیرسازی دراز مدت مطرح است و سایر رسوبات از جمله MX و TiN و NbN و (Nb,Ti)C رسوباتی هستند که همراه با  $M_{23}C_6$  به وجود می آیند. فاز z بعد از ۲۰۰ ساعت رسوب گذاری شروع به رسوب گذاری می کند و مقدار آن به طور ثابت تا ۱۰۰۰۰ ساعت افزایش می یابد. با افزایش دما استحالی MX به z افزایش می یابد آن ها همچنین فاز  $SiNCr_3Ni_2$  را بعد از ۲۵۰۰ ساعت پیرسازی مشاهده کردند. متأسفانه این فاز به دلیل نبود داده های ترمودینامیکی در محاسبات شبیه سازی مورد بررسی قرار نگرفت. ترتیب رسوب گذاری در فولاد NF709 به صورت ذیل است :



میزان نسبت  $M_{23}C_6$  به MX توسط آزمایش XRD بعد از ۵۰۰۰-۲۵۰۰ ساعت پیرسازی به ترتیب ۵ و ۷ به دست آمد. تغییر اندازه رسوبات متوسط در حین عملیات حرارتی فولاد ۷۰۹nf در شکل (b) قابل ملاحظه است. اندازه ذرات  $M_{23}C_6$  در کل بیشتر از ۱۰۰ nm است، در صورتی که اندازه رسوبات MX در طول پیرسازی حدود ۱۰ nm ثابت باقی می ماند. از طرف دیگر فاز z به طور پیوسته در طول عملیات پیرسازی رشد می کند و اندازه آن تا بیش از ۶۰ nm نیز می رسد. Bhadeshia و همکارانش اندازه رسوبات را بعد از ۲۰۰ ساعت در دمای ۷۵۰ °C در مورد فولاد NF709 به وسیله میکروسکوپ TEM بررسی کردند و اندازه میانگین رسوبات  $M_{23}C_6$  را بین ۲۰۰-۵۰۰ nm گزارش کردند. (شکل b) همچنین اندازه میانگین ذرات فاز z بین ۵۰-۲۰ nm است. بنابراین اختلاف آشکار بین مشاهدات تجربی و نتایج شبیه سازی در مورد اندازه ذرات وجود دارد.

دامنه اندازه ذرات MX ، ۵-۱ mm است که کمتر از ۱۰۰

به وجود می آیند. رسوب گذاری MX همزمان با شروع عملیات محلول سازی شروع می شود و در زمان خیلی کوتاهی کامل می شود. رسوبات  $M_{23}C_6$  و  $M_7C_3$  در طول سرد شدن بعد از عملیات دراز مدت پیرسازی شروع به رسوب گذاری می کنند. این در حالی است که کاربید  $M_{23}C_6$  در طول عملیات دراز مدت پیرسازی در دمای ۷۰۰ °C پایدار باقی می ماند و فاز  $M_7C_3$  به طور کامل بعد از ۳۰۰۰ h پیرسازی تجزیه می شود. مقدار فاز z رسوب گذاری شده بعد از ۱۰۰۰۰ ساعت افزایش می یابد و این مقدار به طور پیوسته افزایش می یابد تا اینکه به دمای محیط کاری برسد.



شکل ۲. تغییرات شبیه سازی شده از (a) کسر حجمی فازها) b میانگین اندازه رسوبات در حین عملیات حرارتی در مورد فولاد NF709

اما در مقابل، رسوبات MX و  $M_{23}C_6$  در مدت زمان کوتاهی به حالت اشباع می رسند. مقدار فاز z با شروع مصرف رسوبات MX، افزایش یافته و شروع به رشد می کند. لازمه رشد فاز z در مدت زمان طولانی پیرسازی در مورد فولادهای نسوز فریتی

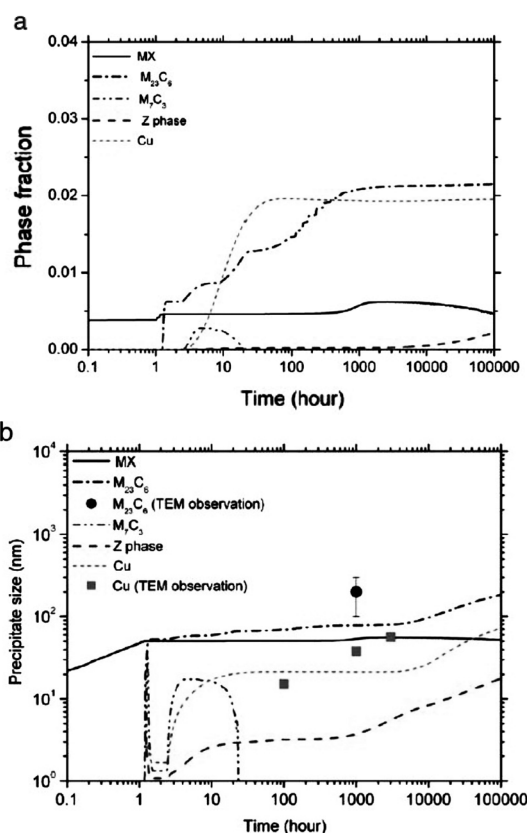
از حدود ۱۰ ساعت پیرسازی شروع به شکل گیری می کند. اما کسر حجمی آن به طور قابل ملاحظه ای بعد از ۱۰۰۰ ساعت پیرسازی افزایش می یابد و در مقابل کسر حجمی فاز MX به طور آهسته کاهش می یابد.

با افزایش کسر حجمی فاز  $M_{23}C_6$  بعد از ۱۰۰۰ ساعت پیرسازی فاز  $M_7C_3$  برای مدت کوتاهی در مرحله اولیه پیرسازی به وجود می آید. wu تحقیقاتی را بر روی رفتار رسوب گذاری فولاد Super304H تحت شرایط دمایی  $700^\circ C$  به مدت بیش از ۱۰۰۰۰ ساعت پیرسازی به وسیله میکروسکوپ TEM انجام داد. او تأیید کرد که حضور فازهای MX،  $M_{23}C_6$  و رسوبات غنی از مس به وسیله شبیه سازی قابل پیش بینی است. هر چند ایشان اشاره به وجود فاز Z نمی کنند، اما وجود رسوبات نوع NbCrN را تأیید می کنند. تغییرات میانگین اندازه رسوبات شبیه سازی شده در حین عملیات حرارتی فولاد Super304H در شکل (۳ b) نشان داده شده است. اندازه ذرات  $M_{23}C_6$  تا ۱۰۰۰۰ ساعت پیرسازی تقریباً حدود ۱۰۰ nm ثابت می ماند اما بعد از این مدت پیرسازی، این ذرات به سرعت رشد می کنند.

رسوبات حاوی مس که تا ۵۰۰۰ ساعت پیرسازی شده اند، دارای اندازه ۲۰ nm هستند. این اندازه رسوبات تا رسیدن به ۱۰۰۰۰۰ ساعت به ۷۰ nm می رسد. در حالی که رسوبات MX که باقی می ماند، اندازه ای در حدود ۵۰ nm دارند و فاز Z به صورت پیوسته تا حدود ۲۰ nm رشد می کند. wu اندازه رسوبات  $M_{23}C_6$  و ذرات غنی از مس را به وسیله میکروسکوپ TEM در مدت زمان ۱۰۰ ساعت و ۳۰۰۰ ساعت پیرسازی بدست آورد. این اندازه مشابه با نتایج شبیه سازی است (شکل ۳ b). شکل (۴ a) رسوبات فولاد SaniCro25 را نشان می دهد که مشابه با فولاد Super304H است، تنها رسوبات  $M_7C_3$  در این فولاد شکل نمی گیرند و رسوبات  $M_{23}C_6$  و ذرات غنی از مس سریع تر اشباع می شوند. در این فولاد رسوبات  $M_{23}C_6$  و رسوبات غنی از Nb مشاهده می شوند. رسوبات غنی از نیوبوم منجر به تشکیل فاز Z و یا فاز MX غنی از کروم می شوند (شکل ۵).

اندازه متوسط ذرات MX و فاز Z در فولاد SaniCro25 بسیار کوچک تر از فولاد Super 304H است. (شکل ۴ b). اما ذرات  $M_{23}C_6$  و ذرات غنی از مس در فولاد SaniCro25 نسبت به فولاد Super 304H بزرگ تر هستند. شکل گیری رسوبات در فولاد CF8C-PLUS مشابه با فولاد Super 304H است، با این

برابر بزرگ تر از نمونه شبیه سازی شده آن است. در نتیجه Bhadeshia و همکارانش به این نکته اشاره می کنند که درشت شدن بسیار زیاد MX احتمالاً در حین انجماد صورت می گیرد و این شبیه سازی تنها رسوبات MX را بررسی می کند. فرض می شود که هیچ رسوبی قبل از عملیات محلول سازی وجود ندارد. شکل (۳ a) تغییرات فازی رسوبات در حین عملیات حرارتی در مورد فولاد Super 304H نشان می دهد. با افزودن مس تشکیل رسوبات MX و  $M_{23}C_6$  افزایش می یابد. کسر حجمی ذرات  $M_{23}C_6$  در مورد این فولاد تا حدود ۱۰۰۰ ساعت پیرسازی به طور آهسته افزایش می یابد.



شکل ۳. تغییرات شبیه سازی شده از (a) کسر حجمی فازها) b میانگین اندازه رسوبات در حین عملیات حرارتی در مورد فولاد Super304H

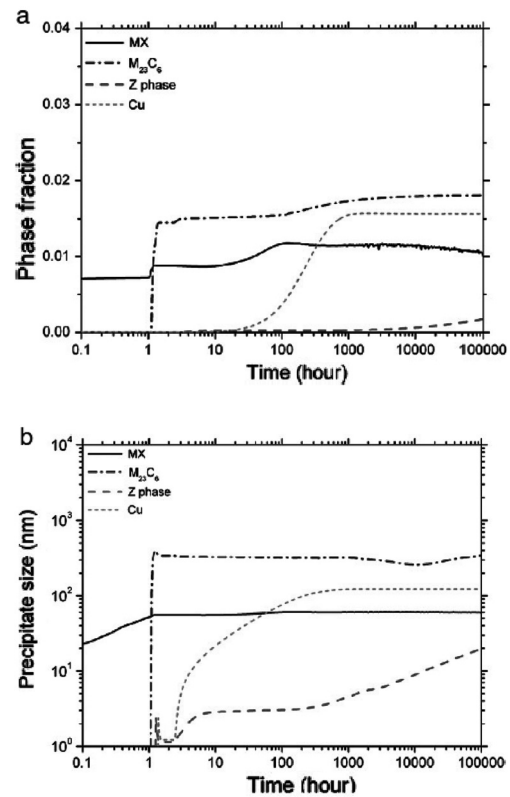
در مقایسه با فولاد NF709 رسوبات  $M_{23}C_6$  تمایل دارند به طور کامل اشباع شوند. این نشان دهنده نیرو محرکه کمتر برای رسوب گذاری  $M_{23}C_6$  در فولاد Super304H نسبت به فولاد NF709 است، چرا که میزان Cr و C در این فولاد کمتر است. گزارش شده که رسوبات حاوی مس تنها ۵۰ ساعت بعد از شروع پیرسازی اشباع می شوند این در حالی است که فاز Z بعد



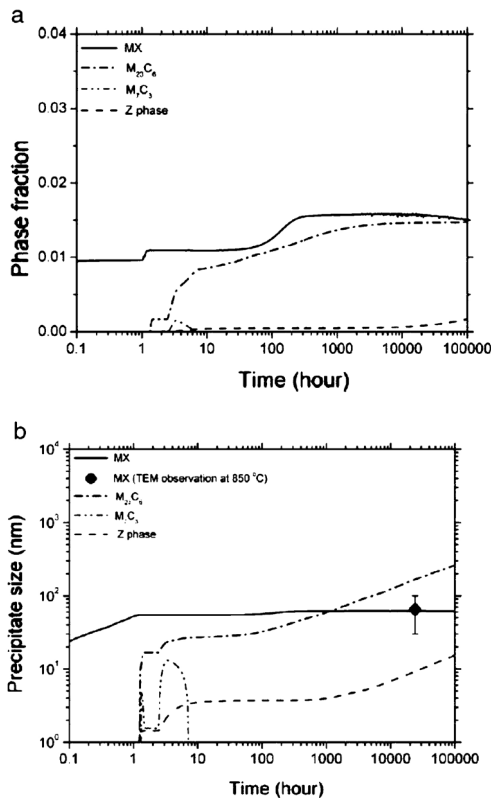
بر رسوبات  $M_{23}C_6$  حاوی NbC نیز است. وجود رسوبات دیگر در این فولاد گزارش نشده است. کسر حجمی کوچکی از رسوبات  $M_7C_3$  در مراحل اولیه پیرسازی به وجود می آید در حالی که کسر حجمی فاز Z بعد از حدود ۷۰۰۰ ساعت پیرسازی با مصرف MX شروع به رشد سریع می کند. تغییرات میانگین اندازه رسوبات فولاد Super304H بعد از عملیات حرارتی در شکل (۴ b) قابل مشاهده است.

میانگین اندازه ذرات در فولاد CF8C-PLUS خیلی کوچک تر از فولاد Super304H و SaniCro25 است. رسوبات  $M_{23}C_6$  به طور پیوسته در حین عملیات پیرسازی تمایل به بزرگ شدن دارند. فولاد HTPUS کاملاً با فولاد های قبلی متفاوت است چرا که این فولاد میزان نیتروژن نسبتاً کمی دارد (۰/۰۲۱wt٪). تنها دو نوع رسوب  $M_{23}C_6$  و MX در این فولاد مشاهده می شود. (شکل ۷ a). اما رسوب MX باقی مانده، به عنوان رسوب اصلی در حین فرآیند پیرسازی ثابت باقی می ماند. میزان  $M_{23}C_6$  بعد از گذشت سه ساعت پیرسازی به ماکزیمم مقدار خود می رسد و بعد از این زمان به طور بسیار آهسته مقدار آن کاهش می یابد.

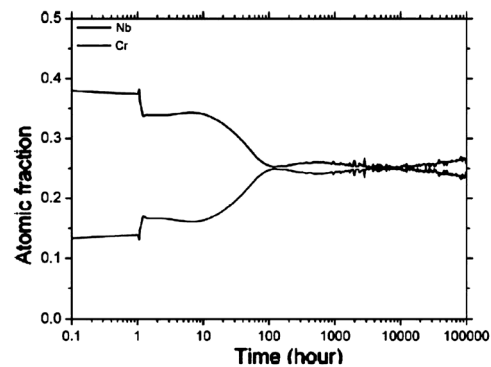
تفاوت که رسوبات مس در این فولاد تشکیل نمی شوند و کسر حجمی رسوبات MX بزرگ تر است (شکل ۶ a).



شکل ۴. تغییرات شبیه سازی شده از (a) کسر حجمی فازها) b میانگین اندازه رسوبات در حین عملیات حرارتی در مورد فولاد SaniCro25



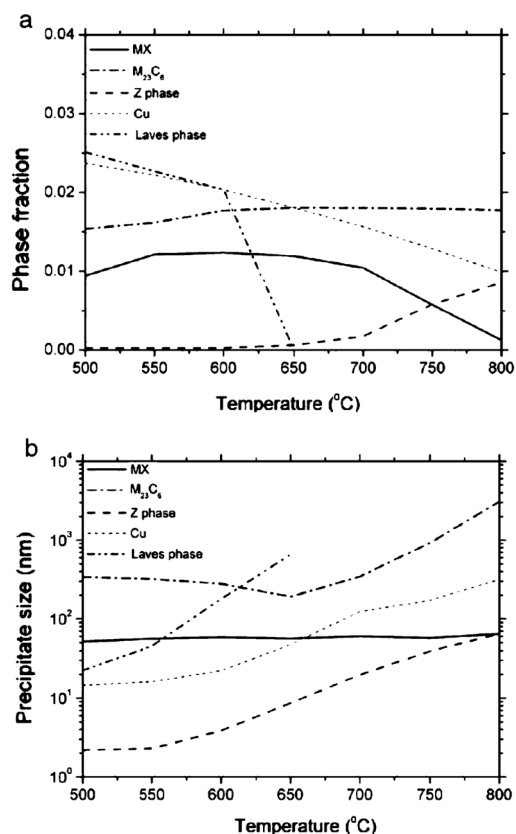
شکل ۵. تغییرات شبیه سازی شده از (a) کسر حجمی فازها) b میانگین اندازه رسوبات در حین عملیات حرارتی در مورد فولاد CF8C-PLUS



شکل ۶. تغییرات غلظت نیوبوم و کروم در رسوب MX در حین عملیات حرارتی فولاد SaniCro25

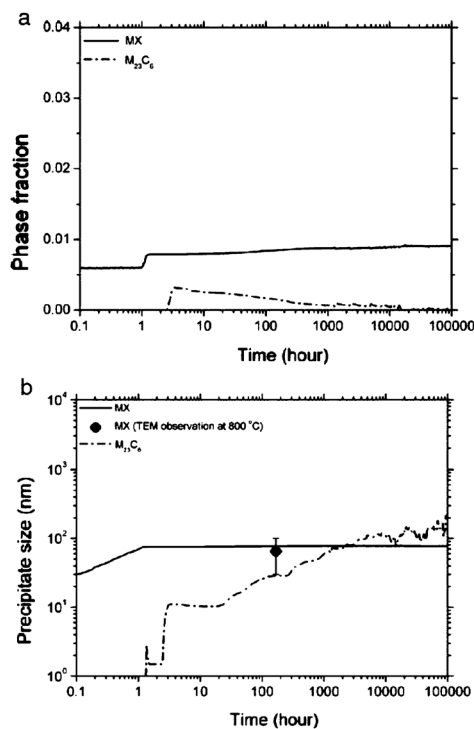
به دلیل اینکه این فولاد بیشترین مقدار نیوبوم را در بین این فولادها داراست، لذا این فولاد بیشترین مقدار MX را در بین فولادهای مورد بررسی نشان می دهد. این فولاد در دمای پیرسازی  $850^{\circ}C$  به مدت ۲۴۱۰۰ ساعت پیرسازی شده و علاوه

برای مقایسه فولادها، کسر حجمی فازهای تعادلی به وسیله نرم افزار MatCalc محاسبه شد (شکل ۹). شکل گیری فاز z اصلی ترین دلیل افت شدید استحکام خزشی در فولاد نسوز فریتی است. به دلیل اینکه فاز z ذرات ریز MX را حل می کند که این ذرات عامل اصلی استحکام بخشی خزشی برای مدت زمان طولانی هستند. اما هنوز به طور کامل نقش فاز z در کاهش استحکام خزشی فولاد نسوز آستنیتی به طور کامل مشخص نشده است. در فولادهای نسوز فریتی میزان فاز z به شدت با مصرف رسوبات MX بعد از ۳۰۰۰۰-۱۰۰۰۰۰ ساعت پیرسازی افزایش می یابد به صورتی که اندازه آن به چند صد نانو می رسد. به نظر می رسد شکل گیری فاز z آنچنان در کاهش استحکام خزشی فولاد نسوز آستنیتی در مقایسه با فولادهای نسوز فریتی زیان بار نباشد.

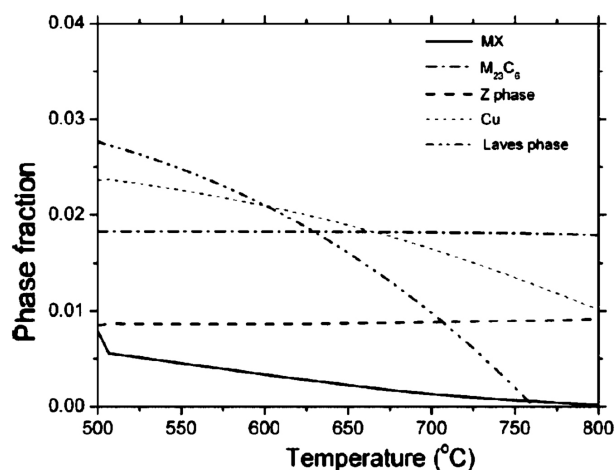


شکل ۸. تغییرات شبیه سازی شده از (a) کسر حجمی فازها) b میانگین اندازه رسوبات بعد از ۱۰۰۰۰۰ h پیرسازی در مورد فولاد SaniCro25

به دلیل میزان کم نیتروژن در این فولاد فاز z تشکیل نمی شود. اما احتمال تشکیل رسوبات FeTi<sub>2</sub> در این فولاد وجود دارد. فاز لاوه (Fe<sub>2</sub>Mo) در این فولاد در کنار مرز دانه ها تشکیل می شود، این در حالی است که این فاز در فولادهای قبلی مشاهده نمی شود. تشکیل این فاز در فولاد HTPUS به دلیل وجود میزان بالایی مولیبدن ۲/۵ wt % در این فولاد است. مولیبدن تمایل به جداسازی مرز دانه های آستنیتی دارد، آن قدر که غلظت نقطه ای مولیبدن آن قدر افزایش می یابد که فاز لاوه تشکیل می شود. اندازه متوسط ذرات MX در حدود ۸۰ nm است. با این وجود اندازه متوسط ذرات M<sub>23</sub>C<sub>6</sub> به طور پیوسته افزایش می یابد و بعد از گذشت ۲۰۰۰ ساعت پیرسازی، اندازه این ذرات بزرگ تر از ذرات MX می شود (شکل ۷ b). شکل (۸ a) تغییرات کسر حجمی رسوبات را بعد از ۱۰۰۰۰۰ ساعت پیرسازی نشان می دهد. کسر حجمی M<sub>23</sub>C<sub>6</sub> تقریباً ثابت است اما کسر حجمی رسوبات MX، فاز لاوه و Cu با افزایش دما، کاهش می یابد. رسوبات MX و فاز z رابطه متفاوتی را نشان می دهند. کسر حجمی فاز z با کاهش رسوبات MX افزایش می یابد. در این فولاد فاز لاوه در زیر دمای ۶۵۰ °C تشکیل می شود، در صورتی که در فولادهای دیگر این چنین نیست.



شکل ۷. تغییرات شبیه سازی شده از (a) کسر حجمی فازها) b میانگین اندازه رسوبات در حین عملیات حرارتی در مورد فولاد HTPUS



شکل ۹. تغییرات کسر فازهای تعادلی رسوبات با دما

### نتیجه گیری

مس قبل از ۱۰۰۰ ساعت پیرسازی اشباع می‌شوند. اندازه رسوبات مس بسیار کوچک و مشابه با رسوبات MX است. این رسوبات تمایل به رشد به صورت پیوسته در حین پیرسازی دارند. شکل گیری فاز z در همه فولادها به جز فولاد HTPUS به دلیل میزان کم نیتروژن انجام می‌گیرد. کسر حجمی فاز z در مدت ۱۰۰۰۰-۱۰۰۰ ساعت پیرسازی به شدت افزایش پیدا می‌کند و میزان آن از کسر حجمی رسوبات MX نیز تجاوز می‌کند، این مسئله مشابه با فولادهای نسوز فریتی است. رشد فاز z بسیار آهسته است و متوسط اندازه آن در بیشترین حالت کمتر از ۱۰ nm بعد از گذشت ۱۰۰۰۰۰ ساعت پیرسازی در مقایسه با فولادهای نسوز فریتی است. شکل گیری فاز لاوه تنها برای فولاد SaniCro 25 در زیر دمای ۶۵۰ °C صورت می‌گیرد، اگر چه در مشاهدات آزمایشگاهی تشکیل فاز لاوه در مجاورت مرز دانه های فولاد HTPUS نیز مشاهده شده است.

شبیه سازی تغییر شکل رسوبات برای ۵ نوع فولاد نسوز آستنیتی مختلف بر اساس یک مدل عددی بر روی تئوری جوانه زنی کلاسیک و اصول ترمودینامیک انجام گرفت. مشاهده می‌شود که رسوبات MX و M<sub>23</sub>C<sub>6</sub> رسوبات اصلی در هر ۵ نوع فولاد هستند. این مسئله با نتایج تجربی انطباق دارد. اندازه متوسط MX خیلی زیاد بزرگ نیست و در حد چند ده نانو متر در حین فرآیند پیرسازی ثابت باقی می‌ماند. این در حالی است که اندازه رسوبات M<sub>23</sub>C<sub>6</sub> از ۱۰۰ nm بعد از گذشت ۱۰۰۰۰۰ ساعت پیرسازی تجاوز می‌کند. میزان کمی رسوب M<sub>7</sub>C<sub>3</sub> در مراحل اولیه پیرسازی در فولادهای Super 304H , CF8C-PLUS مشاهده می‌شود. در فولادهای SaniCro25 و Super304H حاوی ۳ wt% مس، در حین فرآیند پیرسازی، مس شروع به رسوب گذاری می‌کند و رسوبات

## تکامل و جهش تکنولوژی\*

ترجمه و تنظیم: محمدحسین نشاطی

شرکت فولاد آلیاژی ایران

پیدا کرد. البته او تا سال ۱۸۴۲ میلادی و شاید زودتر چنین کاری را انجام داد، نتیجه آن نظریه تکامل توسط انتخاب طبیعی بود. با این حال، کتاب تا سال ۱۸۵۹ منتشر نشد، زیرا داروین از اعتراض عمومی و واکنش منفی کلیسا می‌ترسید. ترس بیشتر از تقدم پیدا کردن دانشمندی دیگر بود که او را وادار به نرم شدن و دادن اجازه انتشار کتاب «موضوع منشأ گونه‌ها با استفاده از انتخاب طبیعی، و یا بقای نژادهای مطلوب در مبارزه برای زندگی» کرد.

نتیجه گیری اصلی داروین عبارت بودند از:

- تکامل یک واقعیت است.
  - گونه‌ها با در نظر گرفتن شرایط جدید تغییر می‌کنند.
  - رقابت بین افراد همان گونه رخ می‌دهد.
  - رقابت بین گونه‌ها وجود دارد.
  - افراد اصلح بقا دارند و تولید مثل می‌کنند.
- حتی نظریه تکامل در طی سال‌های زیادی تکامل یافته است. همانند بسیاری از نظریه‌های مربوط به طبیعت، این نظریه نیز باید با مشاهده و کنجکاوی بشر آغاز شده باشد. ژان باپتیست لامارک به این مفهوم تجسم بخشید. داروین شواهد را جمع آوری نمود و مکانیزم را توضیح داد: امروزه ممکن است فردی نظریه تکامل داروین را بپذیرد اما کاربرد آن در تکنولوژی، موضوع دیگری است، روی هم رفته، تکنولوژی موجودی زنده همانند دودو<sup>۱</sup> و یا دایناسورها نیست. این متن قابلیت کاربرد، و یا به صورت دیگر، نظریه تکامل در تکنولوژی را مورد ملاحظه قرار خواهد داد.

تکنولوژی متولد می‌شود، عمری را سپری می‌کند و می‌میرد. ممکن است به بقاء خود نیز ادامه دهد! برخی از فرآیندها یا محصولات تا حدودی به راحتی با موارد جدیدی جایگزین می‌شوند، در حالی که مواردی هم مدت زیادی باقی می‌مانند. فرآیند کوره بلند از مواردی است که همچنان نه تنها از طریق توسعه‌های خاص کوره بلند، بلکه با پذیرش و انطباق دادن سایر تکنولوژی‌ها تکامل و بهبود پیدا کرده است. جایگزینی کوره‌های بلند در سراسر جهان با فرآیند جدید آسان نیست - انجام آن بیش از حد بزرگ است. حتی معلوم شده است که جایگزینی جزئی آن هم کار کاملاً بزرگی است. در جهان امروز، یک تکنولوژی جدید باید اساساً از لحاظ ایمنی، سهولت عمل و کنترل، هزینه‌های عملیاتی و سرمایه‌گذاری، توانایی بازایی از حوادث، قابلیت بقا به هنگامی که شرایط اطراف آن و اثرات زیست محیطی تغییر می‌کند بهتر از تکنولوژی موجود باشد. جایگزینی ژن‌های تکنولوژی که به طور پیوسته در حال تکامل از طریق جهش و یا سایر روش‌ها می‌باشند دشوار است، اما گونه‌های جدید به پرش برای چالش با تکنولوژی‌های غالب ادامه خواهند داد.

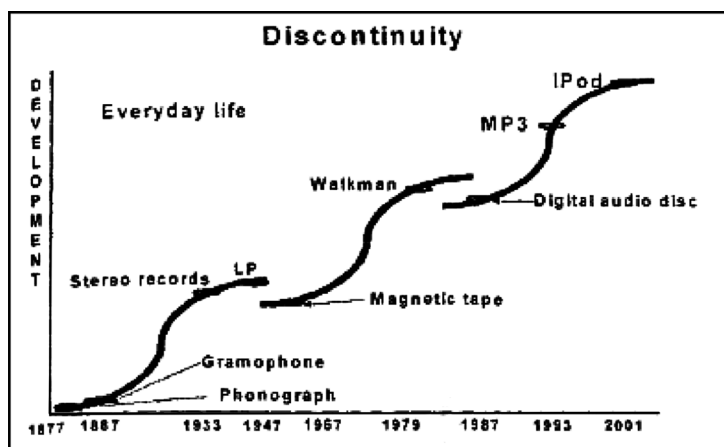
کلمات تکامل و جهش به صورت اجتناب ناپذیری به یک نام می‌رسند: داروین. چارلز داروین زمانی که همراه با سگ شکاری خود سوار بر کشتی راهی بازدید پنج ساله خود در سراسر جهان شد هنوز حتی بیست و سه سال هم نداشت، اما در سراسر آمریکای جنوبی مشهور شد. در طی سفر، او خود را زمین شناسی نامید که نمونه‌ها را به وطن خود انگلستان ارسال می‌کند. بلافاصله پس از بازگشت، به خاطر مشاهدات و توضیحات زمین شناسی به عنوان همکار انجمن سلطنتی انتخاب شد.

اما تأثیر عمده سفر بر او تحقق این امر بود که تکامل یک واقعیت است. او به طرف توسعه یک فرضیه برای توضیح مکانیزمی از چگونگی و اثبات فرضیه با مشاهدات خود سوق

\* این متن ترجمه کاملی از مقاله زیر است:

“Evolution and mutation of technology”,  
Tridibesh Mukherjee, Ironmaking and Steelmaking  
2009, No.4, vol 36.

<sup>۱</sup>دودو (Dodo): مرغی که قادر به پرواز نبوده و در جزیره موریتوس سکونت داشته و بعداً از بین رفته است.



شکل ۱. ضبط موسیقی: نمونه ای از ناپیوستگی تکنولوژی.

### تکامل تکنولوژی

طول عمر یک تکنولوژی معلوم است. تکنولوژی متولد می‌شود، عمری را سپری می‌سازد و می‌میرد. شاید به بقاء خود نیز ادامه دهد!

زمانی بود که دوستداران موسیقی آرزوی گرامافون‌ها را داشتند. سپس در زمانی دستگاه‌های ضبط و پخش صوت نواری<sup>۱</sup>، گرامافون‌ها را به فراموشی سپردند. اکنون گرامافون‌ها را فقط در موزه‌ها و عتیقه‌فروشی‌ها مشاهده می‌کنیم! هنگامی دیگر دستگاه‌های ضبط و پخش صوت کاست<sup>۲</sup> به جنگ دستگاه‌های ضبط و پخش صوت نواری آمدند و برتری قابل توجهی کسب کردند و خود سپس توسط واکمن جایگزین شدند. موسیقی دیجیتال تغییر اساسی در روش ضبط و گوش دادن به موسیقی را به ارمغان آورد. راحتی و کیفیت موسیقی، از یک آبیاد<sup>۳</sup> را نمی‌توان با ابزار پیشین مقایسه کرد، با این حال هیچ‌کس انکار نخواهد کرد که همه آن‌ها نقش خود در عینیت بخشیدن به تکنولوژی زمان خود را ایفا می‌کنند و همه آن‌ها در توسعه نسل بعدی تکنولوژی، از طریق پشتیبانی و یا با انجام رقابت بی‌رحمانه سهم دارند. ماهیت توسعه و پیشرفت ناپیوسته و منقطع تکنولوژی چنین است (شکل ۱). تکنولوژی منسوخ برای تکنولوژی جدید بازار ایجاد می‌کند.

در مورد نقش موتورهای بخار در انقلاب صنعتی و جامعه مدرن فکر کنید. در مورد ساعت‌های مکانیکی که می‌چند دست بسیاری از ما، و می‌چند دست پدران و نیاکان ما را تزئین می‌کردند،

<sup>۱</sup> record player

<sup>۲</sup> tape player

<sup>۳</sup> ipod

هنگامی که ساعت‌ها از جیب به میچ دست منتقل شدند فکر کنید. به نام‌هایی همچون کداک و پلاروید فکر کنید و به امروز فکر کنید: همه آن‌ها به تاریخ پیوسته‌اند و دلایل خوبی برای آن وجود دارد.

حال در مورد سر هنری بسمر و سهم وی در جامعه مدرن فکر کنید. زمانی فولاد توسط «هندی‌ها» ساخته می‌شد و قیمت آن هر تن نیم میلیون دلار بود. هانتسمن قیمت آن را تا هر تن ۵۰۰ دلار و بسمر تا هر تن ۳۰ دلار پایین آوردند! اما چه بر سر فرآیند بسمر آمد؟ فولادسازی بازی اکسیژنی (BOS) از همان اصل استفاده می‌کند، حذف ناخالصی‌های آهن توسط فرآیند اکسید کردن که حرارت مکفی تولید می‌کند. در عین حال BOS فرآیند جدیدی است که به نظر می‌رسد عمر طولانی دارد، در حالی که فرآیند بسمر به تاریخ پیوسته است.

### تکامل کوره بلند

کوره بلند، اسب بارکش کارخانه فولاد یکپارچه، حدود قرن چهاردهم میلادی متولد شد. به نظر می‌رسد عمر این تکنولوژی نیز طولانی بوده است. علم و تکنولوژی مدرن نقش عمده‌ای در بهبود طول عمر تکنولوژی کوره بلند بازی کرده‌اند. در مقایسه یک کوره بلند امروزی با یک کوره بلند مربوط به گذشته، دو کوره بلند مختلف مشاهده می‌شوند. البته، کوره بلند از نظر اندازه، کارائی، تجهیزات کمکی، سازگاری با تکنولوژی‌های جدید و بسیاری دیگر از ظواهر تحت تأثیر جامعه مدرن قرار گرفته است. فرآیند کوره بلند برای تولید چدن، و یا هر تکنولوژی با عمر طولانی دیگر، هر کسی را

متعجب می‌کند که چرا برخی از فرآیندها یا محصولات توسط موارد جدید تا حدودی به راحتی جایگزین می‌شوند، در حالی که موارد دیگری دوره بقای طولانی دارند. به همین گونه، ممکن است این پرسش اساسی مطرح شود که چرا ما هنوز هم از فولاد استفاده می‌کنیم یا هنوز هم گوجه می‌خوریم؟ آیا فولادی که من امروزه به عنوان یک میله تقویت کننده برای بتن استفاده می‌کنم، و یا گوجه فرنگی‌ای که با سالاد میل می‌کنم، همان‌هایی هستند که نیاکان من یک قرن پیش داشتند؟ آن‌ها همان قدر مشابه اند که با هم تفاوت دارند!

به نظر می‌رسد که برخی از تکنولوژی‌ها، محصولات و فرآیندها عمر طولانی دارند، در صورتی که سایرین جایگزین آن‌ها می‌شوند و برخی بی‌رحمانه توسط موارد جدید نابود می‌گردند. در حالی که دلایل پدیده دوم را می‌دانیم، مثلاً چنانچه در حال سفر با قطاری با موتور برقی به ساعت کوارتزی بر روی مچ دستمان بنگریم یا در صورتی که در حال گوش دادن به موسیقی دیجیتال از طریق هدفون یک آپاد باشیم، تردید دارم که شناخت کافی از دلایل پشت عمر طولانی برخی از فرآیندها، یا تکنولوژی‌ها نداشته باشیم. یک تکنولوژی ممکن است با خوشنودی و آرام موفقیت بلند مدت را طی می‌کند، و یک تکنولوژی دیگر با تغییراتی جسورانه، به طور ناگهانی و به طور غیرمنتظره، از سوی موارد برتر جدید مواجه است. از سوی دیگر، اگر شما یک تکنولوژی قابل مقایسه با پاستوریزه کردن شیر را داشته باشید، ممکن است این روش را انتخاب کنید که تکنولوژی پایه را حفظ کرده و سری هم به اصلاح جزئیات یا بهبود نتایج بزنید.

یکی از دلایل عمده برای عدم توانایی در چالش با تکنولوژی‌ای که به خوبی تثبیت شده و در سراسر جهان بکار گرفته می‌شود، چیزی است که اصطلاحاً گفته می‌شود: فقط تکنولوژی‌های جدید بدون تجربه رشد نمی‌کنند. در چنین وضعیتی، به عنوان مثال اگر شما قصد توسعه تکنولوژی برای رقابت با کوره بلند را دارید، به منابع عظیمی نیاز دارید. مجتمع‌های یکپارچه فولاد که به طور معمول با کوره بلند کار می‌کنند سرمایه‌گذاری‌های زیادی انجام داده‌اند که ممکن است به بیش از ۱ میلیارد دلار به ازای هر میلیون تن تولید سالانه فولاد رسیده باشد.

سرمایه‌گذاری برای تنها یک کوره بلند ۳ میلیون تن با

زیرساخت‌های ضروری امروزه به حدود ۴۰۰ میلیون دلار می‌رسد. برای تغذیه چنین کوره‌ای، باید در واحدهای زینتر، گندله‌سازی و اجاق‌های کک‌سازی سرمایه‌گذاری کرد. برای استفاده از چدن مذاب کوره‌های بلند نیاز به کارگاه BOS، ماشین ریخته‌گری پیوسته اسلب و خط نورد گرم نوار ورق می‌باشد. ریسک کردن با هر یک از واحدهای زنجیره تولید بسیار دشوار است. در عوض، هرچه ارتباط آن‌ها را قوی‌تر حفظ کنید! زنجیره قوی‌تری دارید.

چنانچه خواهان اطمینان بیشتر از فرآیند رقیب بالقوه هستید، باید در کارخانه‌ای در مقیاس نزدیک به کامل سرمایه‌گذاری نمایید، هر چند آن‌را واحد پیش‌تاز (پابلوت) بنامیم! مزایای فرآیند جدید اساساً باید برای کسی که ریسک می‌کند بهتر از واحد در حال کار باشد. این کاملاً یک چالش در برابر فرآیندی است که در طی بیش از ۶۰۰ سال بهبود و پالایش یافته شده است و در نتیجه آن، با هر گونه تهدیدی برای برتری خود به صورت موفقیت آمیزی مبارزه می‌کند.

فرآیندهای دیگری که با کوره بلند توسعه یافته‌اند چندان قدیمی نیستند. همه می‌دانیم که کک برای تولید چدن در کوره بلند ضروری است. با این حال در دوره بین قرن چهاردهم و هفدهم میلادی، سوخت همه کوره‌های بلند زغال چوب بود! در قرن هجدهم و نوزدهم، با افزایش تولید آهن از طریق کوره‌های بلند، احساسات موجه در برابر میزان نابودی جنگل‌ها تولیدکنندگان با کوره بلند را مجبور به پیدا کردن سوخت جایگزین کرد. زغال چوب آنتراسیت و کک به صورت مشترک در این دو قرن استفاده می‌شدند. ضمناً، آخرین کوره بلند با سوخت زغال چوب در آمریکا، در نیوبری میشیگان، در سال ۱۹۴۵ پس از جنگ جهانی دوم تعطیل شد!

کوره بلند با سوخت زغال چوب در اروپا و در اطراف دره راین توسعه یافت. هدف از تولید چدن مذاب در آن هنگام نه تولید فولاد بود و نه از این مطلب آگاهی داشتند که از این مذاب می‌توان برای تولید فولاد استفاده کرد! برای مدت بیش از ۵۰۰ سال به این منظور مورد استفاده قرار نگرفت تا هنگامی که بسمر فرآیند مناسبی را توسعه داد. استفاده اصلی از آهن مذاب در ساخت توپ جنگی و گلوله توپ بود. در مدت ۳۰۰-۲۰۰ سال تولید با کوره‌های بلند به سطحی رسید که امکان ریخته‌گری لوازم خانگی همچون دیگ و ماهی تابه فراهم شد!

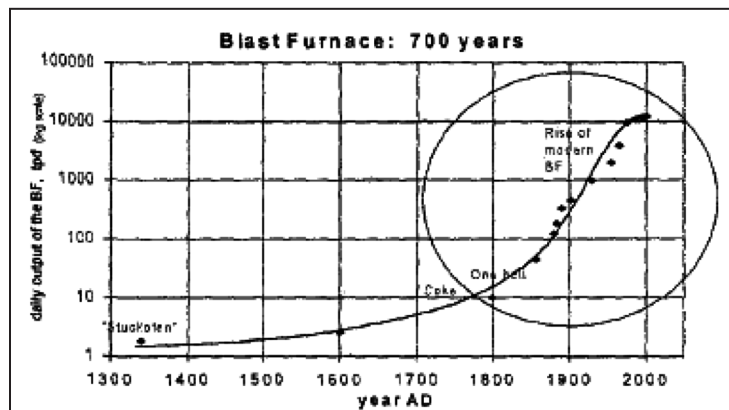


رشد تکنولوژی کوره بلند به شدت افزایش یافت. فولاد تولید شده توسط تکنولوژی‌های مختلف از انقلاب صنعتی پشتیبانی کردند! اما تکنولوژی کوره بلند ۷۰۰ سال از زمان شروع خود هنوز در حال تکامل است. به تکامل ظرفیت کوره بلند، از کمتر از ۱ تن تا ۱۲۰۰۰ تن در روز در طی مدت ۷۰۰ سال توجه فرمایید (شکل ۲).

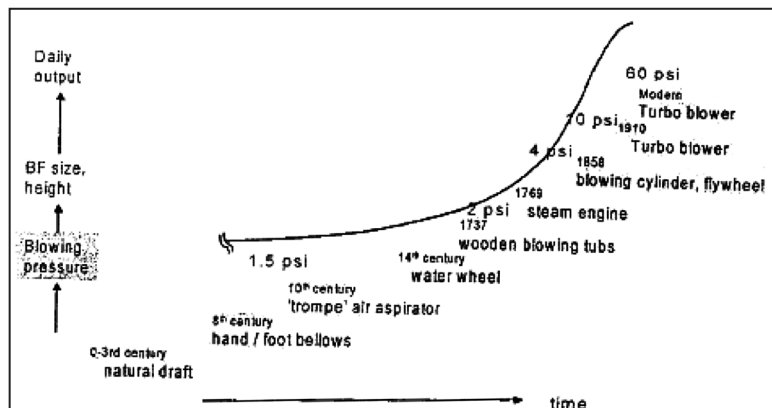
ممکن است به موازات این روند شاهد تکامل در صنعت حمل و نقل، مثلاً در حمل با کشتی، مسافرت هوایی و جابجایی ریلی نیز باشیم. کوره های بلند از مزیت کامل انرژی بخار استفاده کردند (شکل ۳)، چون ظرفیت تولید با انقلاب صنعتی و توسعه تکنولوژی‌های تولید فولاد از چدن مذاب شروع به افزایش کرد. بالا بردن ظرفیت تولید کوره بلند لزوماً به معنی افزایش حجم دمش به کوره بود. برای انطباق با این موضوع مواد اولیه می‌باید بهبود پیدا می‌کرد و کک تولید می‌شد. جهش در دو برابر شدن اندازه کوره در طی ۵۰ سال پس از

این تکنولوژی در اواسط قرن شانزدهم با اولین کوره بلندی که در سال ۱۵۶۵ میلادی در Monmouthshire ساخته شد به انگلستان منتقل گردید. تا سال ۱۶۱۵ میلادی تعداد آن‌ها به ۳۰۰ کوره افزایش یافت، با متوسط تولید هفتگی ۱۵ تن. اما، برای محافظت از جنگل‌ها در انگلستان، مجبور به انتقال کوره بلند با سوخت زغال چوب به آمریکا و کانادا که در آن زمان مستعمره‌هایی با جنگل‌های بزرگ بودند، گردیدند.

در طی پنج قرن اول تولید آهن از کوره بلند، هیچ کس نمی‌دانست که ساده‌ترین راه برای تولید انبوه فولاد داشتن چدن مذاب نقطه شروع است، به جای جوشکاری با آهنگری آهن احیاء مستقیم شده یا کربن دهی شمشیر با فروربردن قطعه سرخ شده از حرارت در بدن حیوانات، یا بعدها توسط کربن دهی آهن احیاء مستقیم شده در بوته. هنگامی که آشکار شد که فولاد را می‌توان با اکسید کردن ناخالصی‌های چدن مذاب تولید کرد، تقاضا برای چدن مذاب، تقریباً همزمان با



شکل ۲. تکامل بهره‌وری کوره بلند در طی سال‌ها



شکل ۳. توسعه تکنولوژی دمش کوره بلند.

جنگ جهانی دوم انجام شد. یک کوره بلند با ظرفیت ۱۰۰۰ تن در روز شاید بتواند با مهارت تولید کند، اما کوره بلند با ظرفیت ۱۰۰۰۰ تن در روز موجود دیگری است که در سطح تکاملی متفاوتی قرار دارد. این اندازه از کوره بلند نیاز به سطح دانش دیگری دارد. در طبیعت، سوسک‌های حمام دارای دو مغز مستقل هستند. کوره‌های بلند بزرگ مغزهای بسیاری شامل IT دارند که اغلب سطح ۲ اتوماسیون نامیده می‌شود. در صورتی که از کار بیافتد مغز انسان باید جایگزین آن شود. رشد ظرفیت کوره‌های بلند در شکل ۴ نشان داده شده است. کوره‌های بلند سازگاری و تمایل بسیار زیادی را برای تکنولوژی‌های جدید در این دوره نشان داده‌اند و تکنولوژی‌های عمده سازگار شده در شکل‌های ۵ و ۶ ارائه گردیده‌اند.

چنین نیست که، با پیدایش کوره‌های بلند با ظرفیت ۱۰ و ۱۲ هزار تن در روز، همه کوره‌های بلند کوچک‌تر خاموش شوند یا هیچ کوره بلند کوچکی نصب نشود. همزیستی مسالمت آمیزی بین بسیاری از اندازه‌ها و تکنولوژی‌ها وجود دارد. هم اکنون تقریباً ۵۰۰۰ گونه سوسک شناسایی شده‌اند! در مقایسه ممکن است کوره‌های بلند بد عمل نکرده باشند. در اینجا بر روی زمین سوسک‌ها برای ۳۰۰ میلیون سال و کوره‌های بلند برای ۷۰۰ سال وجود داشته‌اند!

تکنولوژی کوره بلند هنوز در حال تکامل است: عمر کاری بیشتر، ۵۰ میلیون تن کافی به نظر نمی‌رسد، غنی‌سازی اکسیژن بیشتر و بیشتر، بهره‌وری بالاتر، اثرات زیست محیطی کمتر و کمتر، اجزاء خنک‌شونده مسی در رقابت بانسوزهای تکمیلی؛ و سایر موارد.

توانایی کوره بلند برای جذب عناصر تکنولوژی از تکنولوژی‌های رقیب آینده به همین میزان حیرت‌انگیز است. برخی از تکنولوژی‌های ذوب و تصفیه مستقیم از ۱۰٪ اکسیژن برای احتراق استفاده می‌کنند. به همین گونه کوره بلند هم می‌تواند. Corex از گیمبال<sup>۱</sup> بالا برای کنترل توزیع بار استفاده می‌کند. اولین گیمبال بالای کوره بلند در شرکت تاتا استیل، جمشیدپور بکار گرفته شد. کوره‌های قوس الکتریکی دارای پانل‌های آبگرد در دیواره و سقف می‌باشند. کوره بلند نیز چنین امکانی را دارد. در واقع، علیرغم فضای رقابت، ایده‌ها آزادانه هر دو مسیر را در بر می‌گیرند.

من اغلب با تعریف تکنولوژی در چالش هستم و هرگز به

آنچه که در کتاب‌ها و فرهنگ لغات خواننده و در سخنرانی‌ها شنیده‌ام راضی نشده‌ام. به نظر می‌رسد آن‌ها به هم نزدیک شده‌اند، اما نه کاملاً. به نظر من تکنولوژی تجلی رویای انسان برای زندگی بهتر است. تکامل گونه‌ها در طبیعت ممکن است هدف مشابهی داشته باشد.

در دنیای حیوانات، شانس بر خوردار شدن از جهش است که مزایای بقا را فراهم می‌کند. فرزندان چنین جهشی، از نظر تولید مثل و از نظر تکامل مطلوب‌ترند. بیشتر از نسل قبل، تمایز خود را در مبارزه برای بقا ایجاد می‌کند. در دنیای انسان‌ها به صورت نوآوری در تلاش برای دنیای بهتر است.

در مسیر آزمایشگاه‌های مهندسی ژنتیک طی میلیون‌ها سال، باکتری‌ها به طور منظم تعویض DNA انجام داده‌اند و هنوز هم انجام می‌دهند اما حیوانات نمی‌توانند. ما مجبوریم بر مهندسی ژنتیک تکیه کنیم. اما، در مورد ماهی که از طریق لقاح بیرونی تولید مثل می‌کند، یعنی اسپرم تخمک‌هایی را که قبلاً در محلی گذاشته شده بارور می‌کند، امکان راه گم کردن اسپرم را نمی‌توان رد کرد. در حالی که نتیجه هرگونه بارورسازی متقابل، حتی اگر ممکن باشد، بعید است بقا داشته باشد، انتقال ژن‌ها از موجود جزئی‌تر، یعنی الحاق مقداری DNA از اسپرم ماهی و یا گونه دیگری به تخمک قبلاً بارور شده، به خوبی در محدوده امکان قرار دارد. اگر انتقال ژن به نفع طبیعت باشد باروری حاصل بقا خواهد داشت، رشد کرده و تناسب بیشتری پیدا خواهد کرد.

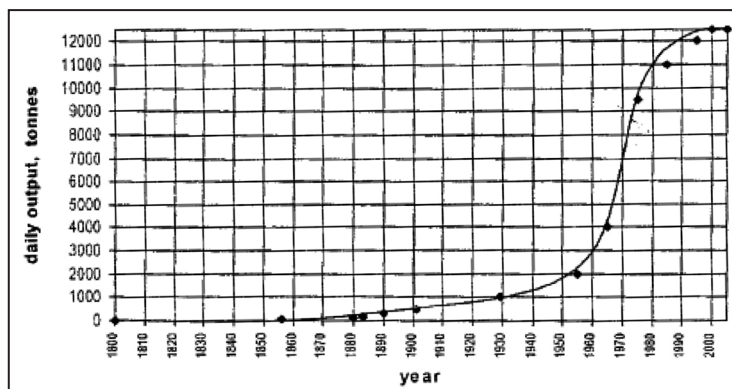
یک مطالعه از پروتئین «ضد یخ» در خون شاه ماهی، اسملت<sup>۲</sup> (نوعی ماهی شبیه به قزل‌آلا) و نوعی دیگر از ماهی موسوم به sea raven (شکل ۷) توسط پیترو دیویس و همکاران در دانشگاه کوئین انتاریو، منتج به نتیجه‌گیری جالبی شد. پروتئین‌های «ضد یخ» این سه گونه متنوع و بی‌ربط تقریباً یکسان بودند، در حالی که این سه گونه جد مشترک اخیراً نداشتند. نتیجه‌گیری این بود که ژن‌های ضد یخ از یک گونه به گونه دیگر جهش کرده است چون شانس پروتئین‌های ضد یخ مشابه در گونه‌های نامربوط دور از صفر نیست! چنین پدیده‌ای در تکنولوژی تولید آهن نیز در شکل ۸ ارائه شده است.

مسلماً، یک کوره بلند به هیچ وجه شبیه یک ماهی نیست، اما انتقال افقی ژن ممکن است از جنس انتقال افقی به اجزاء

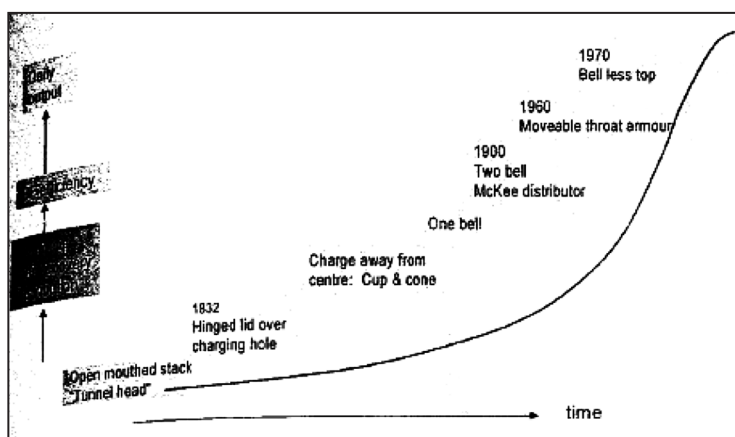
<sup>2</sup> smelt

<sup>1</sup> gimbal

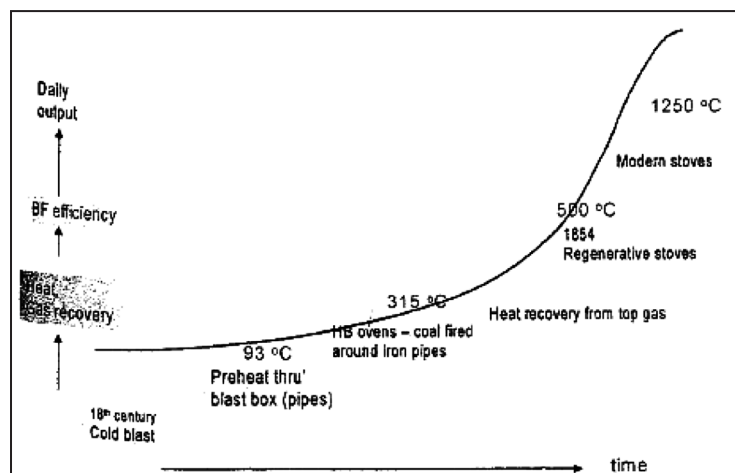




شکل ۴. تکامل بهره‌وری کوره بلند در طی ۲۰۰ سال.



شکل ۵. توسعه در تکنولوژی شارژ کردن.



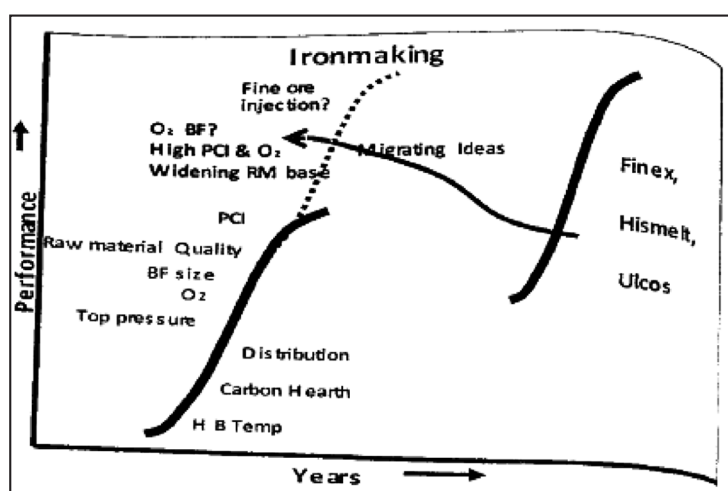
شکل ۶. توسعه در پیشگرم کردن دما در دما دما گرم.

از سوسک اغلب به عنوان مثالی از گونه‌های با عمر طولانی نام برده شده است. آن‌ها دارای دو مغز مستقل، یکی در سر، یکی در دم می‌باشد، و حتی زمانی که سر آن جدا شود می‌تواند فعال باقی بماند! آن‌ها واقعاً همه کاره اند، می‌توانند پرواز کنند،

تکنولوژی باشد. در مورد پروتئین ضد یخ در شاه ماهی، انتقال ژن می‌تواند طبیعی باشد، اما در مواردی همانند دالی گوسفند آزمایشگاهی در آزمایشگاه Roslyn، انتقال ژن از طریق بیومهندسی انجام شد.



شکل ۷. پاره یخ بر روی نوعی از ماهی (اقتباس از اکونومیست)



شکل ۸. مقایسه تکنولوژی‌های تولید آهن مذاب.

جایگزینی کوره های بلند در سراسر جهان کار آسانی نیست زیرا این کار بیش از حد بزرگ است. حتی جایگزینی جزئی نیز یک کار کاملاً بزرگ است. در جهان امروز، تکنولوژی جدید اساساً بایستی از نظر ایمنی، سهولت عمل، و کنترل عملیاتی و هزینه سرمایه گذاری، قابلیت بازیابی از حوادث (سوسک)، قابلیت بقا به هنگامی که شرایط اطراف آن تغییر می کند (ماهی sea raven) و مطمئناً از نظر تأثیر بر محیط زیست بهتر از یک تکنولوژی موجود باشد. جایگزینی یک ژن تکنولوژی که به طور پیوسته از طریق جهش یا سایر مسیرها در حال تکامل است دشوار می باشد، اما گونه های جدید به جهش ادامه خواهند داد. به نظر می رسد که کوره بلند چنین ویژگی هایی را دارد. کارایی فرآیند کوره بلند که در آن فرایند احیاء و ذوب در یک راکتور انجام می شود، بالا است. حتی چون فرآیندهای دیگر نیز در

راه بروند و شنا کنند و تقریباً همه چیز می خورند و در عین حال، آن ها نسبت به همه چیز در اطراف خود بسیار حساس هستند. اگر تصور خود را بسط دهیم، می توانیم برخی شباهت ها را با ویژگی های کوره های بلند ببینیم. این مقایسه بی پروا با طبیعت در جدول های ۱ و ۲ شرح داده شده است. به نظر می رسد هنگامی که تعریف جدید تکنولوژی را می پذیریم شباهت های بسیاری وجود دارد: «مظهر رویای انسان برای زندگی بهتر».

کارآفرینان پرشور که خود مخترع بوده اند، همانند جیمز وات و یا کسانی که می توانستند از اختراعات و نوآوری برای تولید کالا استفاده کنند، همچون شرکت های دوپونت، سونی و تری ام، در واقع مسئول تکنولوژی های جدید هستند. هزینه ورود اغلب یک مانع برای چنین شرکت هایی می باشد.

وی منتج به دلایلی در مورد اینکه چرا برخی از شرکت‌ها زندگی طولانی دارند، شد. به نظر می‌رسد به عبارتی می‌توان گفت که تکنولوژی نیز زندگی دارد. ما دلایل اینکه چرا بعضی از تکنولوژی‌ها زندگی طولانی دارند را می‌دانیم، قابلیت تغییر با زمان، انطباق، جذب، بخشیدن و مبادله تکنولوژی‌ها از موارد اصلی آن است. از این رو می‌دانیم که چرا برخی از تکنولوژی‌ها عمر طولانی ندارند؛ آن‌ها مراحل گذرا در تکامل و جهش تکنولوژی هستند.

تلاش برای نزدیک شدن به کوره بلند از نظر کارایی هستند، فرآیند کوره بلند در حال تکامل است. این کوره به نیازها برای اثرات زیست محیطی کمتر در گذشته پاسخ داده است و توسعه‌هایی مانند تزریق سوخت و اکسیژن زیاد به کوره بلند نشان می‌دهد که همچنان به انجام این کار ادامه می‌دهد. این‌ها از ویژگی‌های یک تکنولوژی با عمر طولانی است.

Arie de Gues، در کتاب خود «شرکت زنده<sup>۱</sup>»، چنین نتیجه‌گیری می‌کند که شرکت‌ها دارای زندگی هستند و تحقیقات

جدول ۱. طبیعت و تکنولوژی: مقایسه بی پروا

تکنولوژی	طبیعت
توسعه تکنولوژی‌ها	تکامل در طبیعت
اجزاء تکنولوژی	ژن‌ها
کوره های بلند	ماهی سرد، سوسک‌ها
تکنولوژی برای بقا (لئوناردو، ادیسون، کارنگی، بیل گیتس)	ژن‌های باقی از دوران یخبندان (بسیاری در ۲۰ میلیون سال گذشته)
انواع بسیاری از انقلاب	جهش تصادفی
نوآوری هدایت شده: تبادل تکنولوژی بین فرآیندهای مکمل و رقیب	پرش / مبادله DNA

جدول ۲. سوسک‌ها و کوره بلند: مقایسه بی پروا

کوره بلند	سوسک‌ها
تولید در سراسر جهان	زندگی در سراسر جهان
باقی از بلایای طبیعی باور نکردنی	زنده از هولوکاست هسته ای
طیف گسترده ای از مواد خام	خوردن تقریباً هر چیزی
سطح ۲ اتوماسیون و مغز انسان‌ها	دو مغز مستقل
بسیار حساس	بسیار حساس
انعطاف پذیر، سازگار	انعطاف پذیر، سازگار

<sup>1</sup> Living Company

## فراخوان گزارش مطالعات موردی

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

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

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

## اخبار انجمن آهن و فولاد ایران

علمی تحقیقاتی دانشگاه صنعتی اصفهان با حضور جمعی از  
اعضاء هیئت مدیره، اعضاء حقوقی و اعضاء پیوسته انجمن آهن  
و فولاد ایران برگزار گردید.

در ابتدا پس از تلاوت آیاتی از کلام... مجید، اعلام برنامه  
انجام و سپس هیئت رئیسه با حضور آقایان دکتر عباس  
نجفی‌زاده، مهندس سیروس مؤتمن، مهندس عبدالله اعزازی و  
دکتر غلامعلی رئیسی اردی تشکیل گردید.

پس از تشکیل هیئت رئیسه، آقای پروفیسور نجفی‌زاده رئیس  
هیئت مدیره انجمن آهن و فولاد ایران گزارشی از عملکرد  
انجمن در سال ۱۳۹۰ ارائه نمودند. در ادامه گزارش حسابرسی  
توسط نماینده مؤسسه رسمی حسابرسی امجد تراز ارائه گردید.  
آقای مهندس احمد شریفی بازرس انجمن آهن و فولاد ایران  
نیز گزارشی ارائه نمودند و در انتها ترازنامه مالی سال ۹۰ مورد  
تأیید جمع قرار گرفت و از پیشرفت‌های انجام شده در انجمن  
تشکر گردید.



### برگزاری دوره آموزشی «خوردگی آجرهای نسوز منیزیت کربنی در صنایع فولادسازی و پیشرفت‌های اخیر در کاهش آن»

توسط کمیته آموزش انجمن آهن و فولاد ایران دوره  
آموزشی «خوردگی آجرهای نسوز منیزیت کربنی در صنایع  
فولادسازی و پیشرفت‌های اخیر در کاهش آن» در تاریخ ۲۷  
تیرماه ۹۱ در سالن آمفی‌تئاتر انجمن آهن و فولاد ایران برگزار  
گردید. مدرس این دوره جناب آقای دکتر احمد منشی بود. این  
دوره مورد استقبال شرکت کنندگان قرار گرفت. در پایان این  
دوره گواهینامه مربوطه برای شرکت کنندگان صادر گردید.

### پیگیری جهت تشکیل مرکز پژوهش و فناوری فولاد ایران

پس از صدور قطعنامه پایانی سمپوزیوم فولاد ۹۰ که به  
امضاء آقایان دکتر سمیعی‌نژاد (مدیر عامل محترم شرکت  
فولاد مبارکه)، مهندس شریفی (مدیر عامل محترم شرکت  
فولاد خوزستان)، دکتر براتی (مدیر عامل شرکت ذوب آهن  
اصفهان)، مهندس بابائی (مدیر عامل محترم شرکت فولاد  
آلیاژی ایران) و دکتر نجفی‌زاده (رئیس هیئت مدیره انجمن  
آهن و فولاد ایران) رسید مطالعات اولیه با تشکیل یک کمیته  
راهبردی آغاز شد و طی چندین جلسه کاری قرار شد که تشکیل  
این مرکز با مطالعه مراکز مشابه موجود در جهان صورت گیرد  
و در ضمن اهداف شرکت‌های بزرگ فولاد ایران نیز بررسی و  
سپس نتایج مورد ارزیابی قرار گیرد در ضمن مسئله حقوقی آن  
نیز باید مورد بررسی قرار گیرد.

### برگزاری جلسه هیئت مدیره انجمن آهن و فولاد ایران

جلسه هیئت مدیره انجمن آهن و فولاد ایران در روز  
چهارشنبه مورخ ۹۱/۰۳/۲۴ با حضور اعضاء هیئت مدیره انجمن  
در محل ساختمان انجمن آهن و فولاد ایران واقع در شهرک  
علمی تحقیقاتی اصفهان برگزار و در مورد مسائل مختلف و  
روند پیشرفت انجمن، بحث و تبادل نظر انجام و تصمیمات لازم  
اتخاذ گردید.



### تشکیل مجمع عمومی انجمن آهن و فولاد ایران

مجمع عمومی انجمن آهن و فولاد ایران در تاریخ ۹۱/۴/۰۷  
در محل ساختمان انجمن آهن و فولاد ایران واقع در شهرک



## حمایت انجمن آهن و فولاد ایران از برگزاری سومین همایش بین‌المللی عملیات حرارتی و مواد پیشرفته

انجمن آهن و فولاد ایران از برگزاری سومین همایش بین‌المللی عملیات حرارتی و مواد پیشرفته، که در تاریخ ۱۰ و ۱۱ خرداد ماه سال ۹۱، در اصفهان- هتل عباسی اصفهان، برگزار گردید حمایت نموده و جزء حامیان این جشنواره بود.

## حمایت انجمن آهن و فولاد ایران از برگزاری همایش ملی مهندسی مواد

انجمن آهن و فولاد ایران از برگزاری همایش ملی مهندسی مواد که در تاریخ ۸ تیرماه سال ۹۱ در ملایر- دانشگاه ملایر برگزار گردید حمایت نموده و جزء حامیان این همایش بود.

## حمایت انجمن آهن و فولاد ایران از همایش بهینه‌سازی مصرف انرژی در صنعت آهن و فولاد ایران

انجمن آهن و فولاد ایران از برگزاری جشنواره بین‌المللی تحقیق و توسعه ایران که در تاریخ‌های ۲۰ و ۲۱ تیرماه سال ۹۱ در اصفهان- سالن همایش‌های مجتمع نگین نقش جهان شرکت فولاد مبارکه اصفهان، برگزار گردید حمایت نموده و جزء حامیان این جشنواره بود.

## حمایت انجمن آهن و فولاد ایران از برگزاری نمایشگاه فولاد ۹۱ (متالورژی-ریخته‌گری- صنایع وابسته)

انجمن آهن و فولاد ایران از برگزاری هشتمین نمایشگاه بین‌المللی متالورژی که در تاریخ ۲۷ لغایت ۳۰ تیرماه سال ۹۱ در اصفهان- نمایشگاه بین‌المللی اصفهان، برگزار گردید شرکت نموده و جزء حامیان این نمایشگاه بود.



## حمایت انجمن آهن و فولاد ایران از برگزاری جشنواره بین‌المللی تحقیق و توسعه ایران

انجمن آهن و فولاد ایران از برگزاری جشنواره بین‌المللی تحقیق و توسعه ایران که در تاریخ ۱۱ مهرماه سال ۹۱ در تهران- سالن همایش‌های بین‌المللی صدا و سیما، برگزار می‌گردد حمایت نموده و جزء حامیان این جشنواره می‌باشد.

جشنواره IRDA، جشنواره‌ای بین‌المللی است که با هدف ارج نهادن به فعالیت‌های پژوهشی و تلاش پژوهشگران در بخش صنعت و معدن از سال ۱۳۹۰ از سوی انجمن تخصصی مراکز تحقیق و توسعه صنایع و معادن برگزار می‌گردد و طی آن جوایزی به بهترین‌های سال (پژوهشگران برتر، کتاب‌های برتر، واحدهای تحقیق و توسعه برتر، محصولات برتر و حامیان برتر)، اهداء خواهد شد.

جهت کسب اطلاعات بیشتر به سایت جشنواره [www.irdaawards.com](http://www.irdaawards.com) مراجعه نمایید.

## حمایت انجمن آهن و فولاد ایران از برگزاری سومین کنفرانس بین‌المللی HSE (سلامت، ایمنی، محیط زیست)

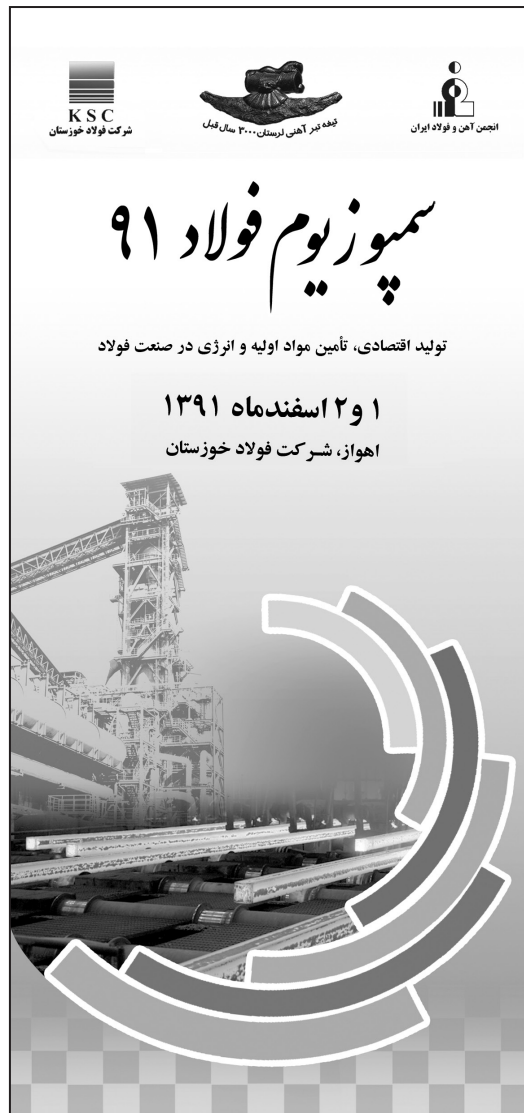
انجمن آهن و فولاد ایران از برگزاری سومین کنفرانس بین‌المللی HSE (سلامت، ایمنی، محیط زیست) که در اول و دوم آذرماه سال ۱۳۹۱ در تهران برگزار خواهد شد، حمایت نموده و جزء حامیان این همایش می‌باشد. جهت کسب اطلاعات بیشتر به سایت جشنواره [www.iransafety.org](http://www.iransafety.org) مراجعه نمایید.

## اخبار مقدمات برگزاری همایش ملی «سمپوزیوم فولاد ۹۱»

در تاریخ ۱ و ۲ اسفندماه سال ۹۱، قرار است سمپوزیوم فولاد ۹۱ با مشارکت شرکت فولاد خوزستان در اهواز برگزار شود. زمینه اصلی مقالاتی که در این سمپوزیوم ارائه می‌گردد «تولید اقتصادی، تأمین مواد اولیه و انرژی در صنعت فولاد» می‌باشد. در راستای برگزاری این همایش، بروشور و پوستر سمپوزیوم فولاد ۹۱ بین کلیه اعضاء حقوقی، هیئت مدیره، مسئولین دفاتر انجمن، شرکت‌ها و مؤسسات وابسته به صنعت فولاد کشور و رؤسای دانشکده‌های مهندسی مواد و متالورژی دانشگاه‌های سراسر کشور توزیع گردید. همچنین فراخوان مقاله این

این همایش صورت گرفته است. لازم به ذکر است همراه با برگزاری این سمپوزیوم، نمایشگاهی از آخرین دستاوردهای صنعت فولاد نیز برگزار خواهد شد.

همایش برای کلیه اعضای هیئت علمی دانشکده مهندسی مواد و متالورژی دانشگاه‌های سراسر کشور ارسال گردید. در راستای برگزاری این سمپوزیوم تاکنون اقداماتی از جمله تشکیل کمیته‌های مختلف جهت انجام فعالیت‌های مربوط به



## اخبار اعضا حقوقی انجمن آهن و فولاد ایران

### مجمع فولاد مبارکه اصفهان

#### افزایش تولید و سهم ۴۸ درصدی شرکت فولاد مبارکه اصفهان در تولید فولاد خام کشور

دکتر محمد مسعود سمیع‌نژاد مدیر عامل فولاد مبارکه اصفهان با اعلام این خبر افزود: با توجه به اینکه سهم این شرکت در سال ۹۰ در تولید فولاد کشور ۴۸ درصد بود، در سال جاری با تلاش بی‌وقفه همکاران عزیز، مجموع تولید فولاد مبارکه با زیر مجموعه‌های خود به میزان ۲۳ درصد رشد داشته است و این در حالی است که تولید فولاد خام کشور در سه ماهه اول سال جاری بالغ بر ۲ میلیون و ۸۰۰ هزار تن بوده است. ایشان افزود: ناحیه آهن سازی با تولید یک میلیون و ۷۶۷ هزار و ۳۵۹ تن گندله به میزان ۲۲ درصد رشد نسبت به مدت مشابه سال قبل تولید داشته است.

وی تولید سه ماهه اول سال ۹۰ را به میزان یک میلیون و ۴۴۴ هزار و ۱۵۹ تن گندله بیان کرد و افزود: واحد احیاء مستقیم نیز با تولید یک میلیون و ۳۸۵ هزار و ۹۷۹ تن آهن اسفنجی به میزان ۳ درصد رشد نسبت به مدت مشابه سال قبل تولید داشته است. مدیر عامل فولاد مبارکه در ادامه گفت: ناحیه فولادسازی و نورد پیوسته (سبا) نیز با تولید ۱۸۷ هزار و ۱۹۵ تن تختال نازک به میزان ۱۸۶ هزار و ۹۸۳ تن کلاف گرم تولید نمود که نسبت به مدت مشابه سال قبل ۱۴ درصد رشد داشته است.

#### با احیاء باتری جرتقیل‌های فولاد مبارکه از خروج ۵ میلیون دلار ارز از کشور جلوگیری به عمل آمد

کارشناسان واحد تعمیرات الکترونیک باتری شارژ و UPSهای فولاد مبارکه برای اولین بار موفق شدند، عملیات احیاء باتری‌های جرتقیل‌ها و اتاق برق‌های شرکت را آغاز نمایند و از این طریق با احیاء تمامی این باتری‌ها که در ادامه انجام خواهد شد، ضمن صرفه جویی ۵ میلیارد ریالی برای فولاد مبارکه از خروج ۵ میلیون دلار ارز از کشور جلوگیری به عمل آورند.

#### ساخت و بهره برداری از شیب‌سنج مکانیکی قالب ریخته‌گری ناحیه فولاد سازی و نورد پیوسته فولاد مبارکه

در راستای بومی سازی تجهیزات شرکت فولاد مبارکه و با سعی و تلاش بی‌وقفه پرسنل تولید و تعمیرات واحد ریخته‌گری ناحیه فولادسازی و نورد پیوسته سبا برای اولین بار شیب‌سنج مکانیکی قالب ریخته‌گری در این ناحیه طراحی، ساخت و به بهره برداری رسید.

#### بومی سازی درام جرتقیل مذاب بر ۲۷۰ تنی در ناحیه فولادسازی و نورد پیوسته سبا

درام جرتقیل مذاب بر ۲۷۰ تنی فولادسازی ناحیه فولادسازی و نورد پیوسته سبا بومی سازی شد. به گزارش خبرنگار فولاد، مهرزاد ملک محمدی سرپرست راهبری و تعمیرات جرتقیل‌های ناحیه فولادسازی و نورد پیوسته سبا با تأیید این خبر اظهار داشت: با توجه به الزام نصب ترمز اضطراری بر روی قلاب ۲۷۰ تن جرتقیل مذاب بر، نیاز به تغییر طرح و تعویض درام‌های قلاب اصلی جرتقیل بوده است که این تجهیز با همکاری واحدهای جرتقیل‌های سقفی سبا، بازرسی فنی جرتقیل‌ها، دفتر فنی تعمیرات، تعمیرگاه مرکزی، مهندسی معکوس و خرید، طراحی، بومی سازی و تهیه شد و سپس در شات دان سالیانه ناحیه با همت پرسنل تعمیرات جرتقیل‌ها و با کمک واحد حمل و نقل، گروه نقشه برداری و تعمیرات مرکزی تعویض گردید.

#### صرفه جویی ۵ میلیارد ریالی در ناحیه فولادسازی و نورد پیوسته فولاد مبارکه

سید اکبر حجازی با اشاره به اینکه در بدو تحویل سبا به فولاد مبارکه تمامی روغن و گریس‌های مورد مصرف خارجی از کمپانی shell تدارک می‌گردید افزود: پروژه های بومی سازی روانکارها در این ناحیه از سال



## شرکت فولاد آلیاژی ایران

### صادرات محصولات جدید شرکت فولاد آلیاژی ایران به اروپا

مدیرعامل شرکت فولاد آلیاژی ایران یادآور شد: طی سه ماهه اول سال ۱۳۹۱ بالغ بر شش هزار و ۲۴۰ تن محصول به ارزش تقریبی شش میلیون دلار صادر شده است که سهم انواع فولادهای ابزار (گریدهای مختلف ۱.۲۳۴۳، ۱.۲۳۴۴، ۱.۲۳۴۷، ۱.۲۳۴۸، ۱.۲۷۱۴) به کشورهای اروپایی حدود ۵۰۰ تن است.

۸۶ با محوریت دفتر فنی نت فولاد مبارکه و با پشتوانه تجربیات ده ساله این مرکز در استقرار سیستم مدیریت و بومی سازی روانکارها و با همکاری و مشارکت قسمت‌های تعمیرات و mpc سبا، آزمایشگاه مرکزی، خرید مواد اولیه تعریف گردید و نهایتاً توسط شرکت‌های توانمند داخلی مانند شرکت نفت بهران، شرکت نفت پارس و شرکت نفت ایرانول، بالغ بر ۳۰ تاپ گریس و روغن خارجی بومی سازی و بهینه سازی گردید.

مدیران محترم روابط عمومی

کارخانجات آهن و فولاد و صنایع مرتبط عضو حقوقی انجمن

فصلنامه پیام فولاد انجمن آهن و فولاد ایران آماده دریافت آخرین اخبار مربوط به آهن و فولاد جهت درج در این نشریه می‌باشد.

تلفن: ۲۴-۳۹۳۲۱۲۱ (۰۳۱۱)

## آیا می دانید:

در سال پیش بیشترین صادرات خالص فولاد با ۳۶/۲ میلیون تن متعلق به کشور ژاپن بوده است.

منبع: مرجع فولاد ۹۰

بیشترین مصرف سرانه فولاد با ۱۰۷۷/۲ کیلوگرم متعلق به کشور کره جنوبی است.

منبع: مرجع فولاد ۹۰

## اخبار از سایت‌های بین‌المللی

(مرجع: [www.irsteel.com](http://www.irsteel.com) و [www.steeltimesint.com](http://www.steeltimesint.com))

شد و تولید بالای فصل اول سال قبل موجب شد تا تولید اغلب کشورها نسبت به سال قبل خیلی کاهش داشته باشد. در آلمان ۱۰ درصد افت مشاهده شد. تولید هلند، اسپانیا، چک و مجارستان نیز افتی دو رقمی در تولید نسبت به سال گذشته داشت. از طرفی این کشورها با رکود ساختاری بخش ساخت و ساز نیز روبرو هستند.

با این حال در لهستان فعالیت ساخت و ساز رشد چشمگیری داشته و به روند صعودی فعالیت‌ها که از فصل پایانی سال ۲۰۱۰ میلادی آغاز شد، ادامه می‌دهد. فاکتورهای اصلی ساخت‌وسازهای زیر بنایی مربوط به مسابقات فوتبال یورو ۲۰۱۲ بوده است.

انگلیس نیز در فصل اول سال در بخش ساخت‌وساز بهبود در تولید داشت که عامل اصلی تکمیل پروژه‌های مربوط به المپیک بوده است.

آمار اولیه فصل دوم سال نیز از رکود بازار خبر می‌دهد. به جز آلمان و لهستان در سایر کشورهای اروپایی باید منتظر آماری نزولی بود. در آلمان محرک اصلی رشد ساخت و ساز تقاضای ساختمان‌های مسکونی است و در لهستان پروژه‌های شهری عامل محرک است. در سایر کشورها روند نزولی است چرا که طرح ریاضت اقتصادی بر تأمین بودجه پروژه‌های شهری اثری منفی گذاشته است. سرمایه‌گذاری‌های بخش خصوصی نیز تحت تأثیر مشکلات تأمین مالی و عدم اعتماد به بازار است. روند بازار ساخت و ساز اروپا تا پایان سال ۲۰۱۲ میلادی و سال ۲۰۱۳ میلادی تحت تأثیر این فاکتورهاست. چشم‌انداز رشد تولید ساختمان‌های مسکونی در آلمان مثبت است و لهستان به تدریج رشد باثبات‌تری در تولید این بخش خواهد داشت. اغلب کشورهای اروپایی سال آینده بهبودهایی در ساخت و ساز مشاهده می‌کنند ولی مصرف فولاد ساختمانی همچنان در رکود می‌ماند.

### بازار سنگ آهن همچنان در رکود

در ماه جاری قیمت سنگ آهن تا ۵ درصد افت داشته و به

### افزایش بهره‌وری در ذوب آهن اسفنجی با استفاده از

#### سیستم جدید Simetal EAF FAST DRI

با اختراع سیستم پیشرفته تخلیه ذوب عاری از سرباره در کوره (FAST)، شرکت زیمنس کوره قوس الکتریکی جدیدی (EAF) را اختصاصاً برای ذوب آهن اسفنجی (DRI) توسعه داده است. سیستم Simetal EAF FAST DRI به گونه‌ای طراحی شده است که ذوب پیوسته‌ای از آهن اسفنجی بدست می‌دهد. در این سیستم، DRI به طور پیوسته به کوره شارژ شده و همزمان با آن تخلیه ذوب در حال انجام است. بدین وسیله زمان تخلیه تا تخلیه (tap to tap) و مصرف انرژی کاهش می‌یابد. در مقایسه با کوره‌های قوس سنتی، زمان تخلیه تا تخلیه را می‌توان تا ۱۵ درصد، انرژی مصرفی را تا ۲۰ کیلووات ساعت و مصرف الکتروود را تا ۱۰ درصد کاهش داد. تأمین پیوسته انرژی الکتریکی در طول فرایند نه تنها بهره‌وری را افزایش می‌دهد، بلکه از برهم خوردن هارمونی خط نیز جلوگیری می‌کند. با استفاده از تکنولوژی جدید، بهره‌وری کلی یک کوره ۱۵۰ تنی می‌تواند تا ۱۵ درصد افزایش یابد.

با استفاده از سیستم پیشرفته تخلیه ذوب عاری از سرباره در کوره (FAST)، عملیات شارژ، تخلیه و تعمیر سوراخ خروجی در حالی که کوره روشن و در حال کار کردن است، امکان پذیر می‌باشد. تخلیه عاری از سرباره باعث افزایش بازدهی عناصر آلیاژی و گوگرد زدایی بهتر فولاد می‌شود.

کوره جدید به گونه‌ای طراحی شده است که امکان شارژ DRI داغ با دمای حدود ۶۰۰ درجه سانتی‌گراد به وسیله سیستم انتقال داغ (HTS) زیمنس نیز در آن وجود دارد. به دلیل طراحی مدولار این کوره قوس الکتریکی جدید، کوره‌های موجود نیز می‌تواند به تکنولوژی FAST DRI مجهز شود.

### چشم‌انداز بازار ساخت و ساز اروپا

در سه ماهه نخست سال جاری میلادی تولید فولاد ساختمانی اروپا نسبت به مدت مشابه سال قبل تا ۵/۵ درصد کاهش یافت. شرایط نامساعد جوی در ماه فوریه که موجب توقف پروژه‌ها

خوبی نشانگر ۴ تا ۵ درصد افت قیمت فولاد است. در حال حاضر عوامل زیر بر بازار سنگ آهن تأثیر گذار است:

۱- موجودی ۱۶ میلیون تنی فولاد و ۹۸ میلیون تنی سنگ آهن در چین  
۲- تقاضای پایین ساخت و ساز، زیرساخت‌ها، خودروسازان و بخش لوازم خانگی

۳- نرخ بالای بهره بانکی و محدودیت اعتبارات

۴- رکود فصلی

۵- تداوم بحران اقتصادی اروپا

۶- رشد تولید فولاد

بازار سنگ آهن در کل در ابهام است. اخیراً سنگ آهن با خلوص ۶۳/۵ درصد برزیل ۱۳۰ دلار در هر تن معامله شد و سنگ آهن فاین استرالیا ۱۲۶ دلار پیشنهاد شد. سنگ آهن با خلوص ۶۳/۵ درصد هند نیز ۱۳۶ دلار بود. قابل ذکر است که شاخص قیمت سنگ آهن با خلوص ۶۲ درصد استیل ایندکس نیز در سال جاری در مجموع ۶/۱ درصد افت داشته است. انتظار می‌رود هفته‌های آتی بازار سنگ آهن باز هم نزولی باشد چرا که هیچ امیدی به بهبود تقاضا نیست.

## کاهش واردات فولاد به اروپا

طبق آمار اتحادیه آهن و فولاد اروپا (یوروفر)، در سه ماهه نخست سال ۲۰۱۲ میلادی واردات فولاد به اروپا از کشورهای غیر اروپایی ۳۰ درصد نسبت به مدت مشابه سال قبل کاهش داشته است.

این کاهش در میزان واردات به ویژه در بازار ورق مشهود بوده که ۴۰ درصد نسبت به سه ماه نخست سال ۲۰۱۱ میلادی پایین آمده است. واردات مقاطع نیز ۸/۵ درصد افت داشته و محصولات فولادی نیم ساخته ۲۰ درصد افزایش در واردات را نسبت به سال قبل تجربه نموده اند.

از کل واردات فولاد به اروپا، کشورهای روسیه، اوکراین و چین ۶۰ درصد آن را از آن خود نموده اند که تقریباً مشابه آمار سال قبل بوده است.

برای سال جاری انتظار می‌رود که کل واردات فولاد به اروپا ۲۳ درصد کاهش یابد و در سال ۲۰۱۳ میلادی میزان تقاضای فولاد اروپا کمی بهبود یابد و موجب افزایش حدود ۴ درصدی نرخ واردات فولاد گردد.

## افت بازار میل گرد و بیلت چین

در بورس فیوچرز شانگهای قیمت قرارداد میل گرد ۶۰۰ دلار در هر تن شده و روند نزولی ادامه دارد. در بازار نقدی پکن قیمت فعلی ۶۲۰ تا ۶۲۳ دلار در هر تن با ۱۷ درصد مالیات بر ارزش افزوده است و در ماه جولای قیمت میل گرد تا ۳۲ دلار در هر تن افت داشته است.

در بازار بیلت چین فعلاً قیمت ثابت است. از آنجایی که بازار محصولات فولادی تقاضای بیلت ندارد نمی‌توان گفت قیمت به کف رسیده و روند نزولی تداوم خواهد داشت. در ایالت هبی قیمت فعلی بیلت سایز ۱۵۰ میلی متر ۵۴۷ دلار هر تن با ۱۷ درصد مالیات بر ارزش افزوده است. به نظر فعالان بازار در بازار بیلت فضای بیشتری برای کاهش قیمت نیست و نهایتاً تا ۱۳ دلار دیگر افت خواهد داشت.

## انتشار کتاب فولاد در آمریکای لاتین: مروری بر ۱۰۱ مقاله

کتاب «فولاد در آمریکای لاتین: مروری بر ۱۰۱ مقاله» مجموعه‌ای از مقالات چاپ شده توسط دکتر Germano Mendes De Paula، پرفسور دانشکده اقتصاد دانشگاه فدرال ابرلانديا (UFU) برزیل، در مجله Steel Times است.

این ۱۰۱ مقاله، مجموعه‌ای ارزشمند از روند پیشرفت صنعت فولاد کشورهای آمریکای لاتین طی ژوئن ۲۰۰۰ تا دسامبر ۲۰۱۱ میلادی (دهه گذشته) است.

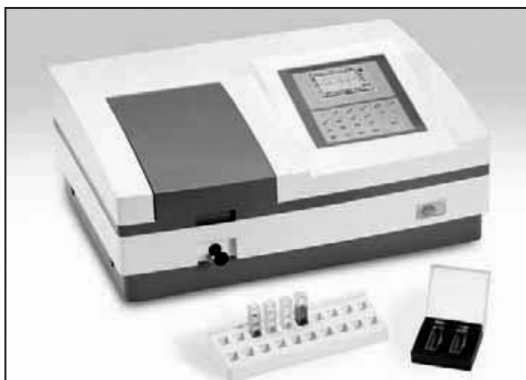
بیش از ۸۰ درصد مقالات در رابطه با مسایل به روز بوده و هر یک از آن‌ها به یک جنبه مشخصی از صنعت فولاد در آمریکای لاتین پرداخته است. مابقی مقالات مربوط به مقالات کنفرانس‌های ILAFA (تغییر نام یافته به Alacero در سال ۲۰۱۱ میلادی) در آمریکای لاتین با حضور نویسنده می‌باشد. البته به دلیل بحران اقتصادی منطقه در سال ۲۰۰۲ میلادی و عدم حضور پروفیسور Germano، مقالات کنفرانسی این سال در نظر گرفته نشده است.

در مجموعه مقالات اشاره خوبی به بیش از ۴۰۰ شرکت فولادی از قبیل Gerdau، Usiminas، ArcelorMittal، Ternium، Techint، Sidor، CSN، Acesita، Tenaris، CAP و Deacero و اشاره‌گذاری به برخی شرکت‌های دیگر نظیر Comesa، Inlasa، Ferromallas و بسیاری شرکت دیگر شده است.

# نکته‌های تکنولوژی\*

ترجمه و تنظیم: مهندس حبیب اله رستگاری  
انجمن آهن و فولاد ایران

از: کاربری آسان، نرم افزار مستقل محلی، ذخیره سازی اطلاعات در حافظه در موارد قطع شدن برق، نرم افزار تخصصی با قابلیت کنترل اسپکترومتر به وسیله کامپیوتر و از طریق پورت USB، قابلیت ارتقا مدل‌های اسکن کننده طول موج به وسیله نرم افزار ویژه‌ای بر پایه ویندوز با اتصال به کامپیوتر، تنظیم طول موج به صورت خودکار، لامپ‌های هالوژن و دتریوم که به منظور افزایش عمرشان می‌توانند به صورت مجزا خاموش یا روشن گردند، امکان تعویض لامپ‌ها به وسیله کاربرد به دلیل طراحی از پیش تنظیم شده، محفظه نمونه گذاری بزرگ برای طول ۵ تا ۱۰۰ میلی متر با نگهدارنده های انتخابی، طیف گسترده ای از لوازم جانبی که می‌تواند بر حسب نیاز انتخاب شوند، اندازه گیری میزان جذب، عبور و غلظت امکان پذیر است، اسکن طیف نمونه در هر رنج طول موج انتخابی و سرعت اسکن و فاصله طول موج معین، اندازه گیری تغییرات میزان جذب بر حسب زمان به وسیله تابع محاسبه سرعت واکنش، اندازه گیری در طول موج‌های چندتایی برای آنالیز و اندازه گیری ترکیب مخلوط‌ها و محاسبه غلظت و خلوص.



## ماشین میکرو برش مدل PreiCut S1000

ماشین میکرو برش PreiCut S1000 برای انجام برش‌هایی میکرونی با تغییر شکل کم استفاده می‌شود. تیغه الماس با سرعت حرکت آهسته یک ابزار مفید برای برشکاری و مقطع زنی طیف وسیعی از نمونه های ظریف و کوچک خصوصاً برای موادی با ساختار غیر همگن در آزمایشگاه مواد محسوب می‌شود. ماشین PreiCut S1000 سطح برش بسیار با کیفیت بدون تغییر شکل حدی و حداقل ناصافی را بدست می‌دهد. طراحی تیغه های الماس دستگاه به گونه ای است که به وسیله آن می‌توان نمونه های نرم و ضعیف را برشکاری نمود. انواع مختلف نگهدارنده های نمونه از قبیل نگهدارنده گرد برای مواد گرد برای این ماشین برشکاری طراحی گردیده است. سرعت تیغه های برش بین ۵۰ تا ۱۰۰۰ rpm قابل تغییر است.



## اسپکترومتر مرئی و فرابنفش مدل

UV-3100 From JP Selecta

اسپکترومتر مرئی و فرابنفش مدل UV-3100 From JP Selecta ساخت شرکت JP Selecta به منظور حصول نتایج دقیق توسعه یافته است. میزان پراکندگی نور در این دستگاه کمتر از ۰/۰۵ درصد است. از جمله ویژگی‌های برجسته این دستگاه جدید عبارت اند

## پاک‌سازی آب‌های زیرزمینی با استفاده از نانو ذرات آهن

متخصصان حوزه آب می‌گویند اگر نانو ذرات آهن درون پلیمرهایی کپسوله شوند آنگاه می‌توان از آنها برای تمیز کردن آب‌های زیرزمینی آلوده به مواد شیمیایی سمی استفاده کرد. در اطراف شهر سیدنی استرالیا صدها سایت آلوده وجود دارد که خاک آنجا به وسیله پسماندهای صنعتی به جای مانده از گذشته آلوده شده است.

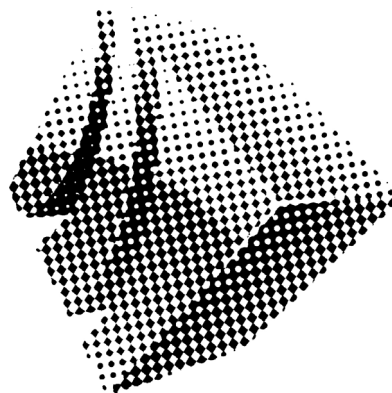
دنیس اوکارول، از محققان آزمایشگاه تحقیقات آب در دانشگاه یو سوث ولز، می‌گوید آلودگی خاک یک مشکل تاریخی است. تا دهه ۱۹۷۰ میلادی مردم فکر می‌کردند که با دفن کردن مواد سمی درون خاک، این مواد به سادگی از بین می‌روند در واقع لایه زیرین خاک به صورت یک فیلتر طبیعی عمل می‌کند. بنابراین امکان آلوده شدن محیط زیست توسط این مواد سمی مدفون در زیر زمین تا چند دهه جدی گرفته نمی‌شد.

در عمل، پدیده از بین رفتن مواد سمی اتفاق نمی‌افتد در عوض این آلاینده‌های شیمیایی که از حلال‌ها و گازها خارج می‌شود به درون زمین نفوذ می‌کند و دست آخر پس از گذشتن از حفره‌ها و ترک‌های میکروسکوپی خاک خود را به آب‌های زیرزمینی می‌رسانند و آنها را آلوده می‌کنند. در واقع آلودگی آب‌ها به صورت غیر مستقیم انجام می‌شود.

به صورت سنتی، برای تمیز کردن باید آب آلوده از درون زمین بیرون کشید یا با استفاده از مواد تمیز کننده مخصوصی، مواد سمی را از بین برد. اما این کار نیز دارای محدودیت‌هایی است برای مثال تعیین نقطه دقیق محل آلودگی بسیار دشوار است.

این تیم تحقیقاتی برای حل این مشکل از ترفندی مبتنی بر فناوری نانو استفاده کردند. در این پروژه دنیس اوکارول که در دانشگاه وسترن اونتاریو مشغول به فعالیت است و در حال حاضر به صورت میهمان در دانشگاه نیوسوٹ ولز کار می‌کند ایده‌ای جدید برای تمیز کردن آب‌ها ارائه کرد که در آن از نانو ذرات استفاده می‌شود.

در این روش ذرات آهن به صورت مستقیم به خاکی که آلودگی دارد تزریق می‌شود تا با این کار، واکنش اکسیداسیون احیاء انجام شود، در این واکنش الکترون‌ها بین ذرات آهن و آلاینده‌گی مبادله می‌شوند. با این کار حالت اکسیداسیون مواد آلاینده تغییر کرده و سمیت آنها به سطحی ایمن افت می‌کند. به دلیل ابعاد کوچک این ذرات، حرکت آنها از خلل و فرج میکروسکوپی خاک به راحتی انجام می‌شود. نانو ذرات آهن برای محیط زیست ایمن هستند قدرت حرکت آنها اندک بوده و به کندی حل می‌شوند. این گروه برای بهینه کردن عملکرد نانو ذرات، آنها را درون یک پلیمر کپسوله کردند. با این کار سرعت حرکت نانو ذرات افزایش یافته و اثرات منفی آن بر محیط زیست کم می‌شود.



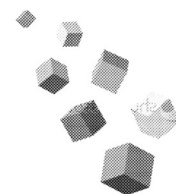


## عناوین مقالات مندرج در مجلات بین‌المللی آهن و فولاد

(در این شماره)

Journal of Iron and Steel Research, International

Volume 19, Issue 5, Pages 86-1 (May 2012)



- ◆ **Decarburization Thermodynamics of High-Carbon Ferromanganese Powders During Gas-Solid Fluidization Process**  
Li-na GUO, Jin CHEN, Meng ZHANG, Min LIANG, pp. 1-8.
- ◆ **Steel Temperature Compensating Model With Multi-Factor Coupling Based on Ladle Thermal State**  
Peng-fei WU, An-jun XU, Nai-yuan TIAN, Dong-feng HE, pp. 9-16.
- ◆ **Behavior of Inclusions in Process of Solid Growth During Solidification of Fe-0.15C-0.8Mn Steel**  
Shu-ying CHEN, Xu-dong YUE, Guang-can JIN, Qing-chun LI, Guo-wei CHANG, pp. 17-22,49.
- ◆ **Mathematical Model of RH Blow Argon Mode Affecting: Decarburization Rate in Ultra-Low Carbon Steel Refining**  
Chong-wei LI, Guo-guang CHENG, Xin-hua WANG, Guo-sen ZHU, Ai-min CUI, pp. 23-28.
- ◆ **Modeling of Strip Heating Process in Vertical Continuous Annealing Furnace**  
Fei WAN, Yong-qin WANG, Shu-ren QIN, pp. 29-36.
- ◆ **Optimization of Roll Shifting Strategy of Alternately Rolling in Hot Strip Mill**  
Wei-gang LI, Zhao-hui GUO, Jian YI, Xiang-hua LIU, pp. 37-42.
- ◆ **Modelling a Skin-Pass Rolling Process by Means of Data Mining Techniques and Finite Element Method**  
R Escribano, R Lostado, FJ Martínez-de-Pisón, A Pernía, E Vergara, pp. 43-49.
- ◆ **Selection of Heat Treatment Process and Wear Mechanism of High Wear Resistant Cast Hot-Forging Die Steel**  
Min-xian WEI, Shu-qi WANG, Lan WANG, Xiang-hong CUI, Kang-min CHEN, pp. 50-57.
- ◆ **High Temperature Deformation Behavior of Fe-9Ni-C Alloy**  
Kun ZHANG, Hui-bin WU, Di TANG, pp. 58-62.
- ◆ **Effect of Tube Spinning With Subsequent Heat-Treatment on Performance and Microstructure Evolution of T250 Maraging Steel**  
Zheng-fei HU, Chun-xu WANG, pp. 63-68.

◆ **Corrosion Behavior of Ferritic/Martensitic Steels CNS-I and Modified CNS-II in Supercritical Water**

Ying YANG, Qing-zhi YAN, Ya-feng YANG, Le-fu ZHANG, Chang-chun GE, pp. 69-73,36.

◆ **High-Temperature Oxidation Resistance of Austenitic Stainless Steel Cr18Ni11Cu3Al3MnNb**

Dong-sheng LI, Qi-xun DAI, Xiao-nong CHENG, Rong-rong WANG, Yan HUANG, pp. 74-78.

◆ **TANDEM and GMAW Twin Wire Welding of Q690 Steel Used in Hydraulic Support**

Chen-fu FANG, Xiao-hui MENG, Qing-xian HU, Feng-jiang WANG, He REN, Hai-song WANG, Yu GUO, Ming MAO, pp. 79-85.

## ترجمه‌ی چهار چکیده مقاله از مجله:

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

**Volume 19, Issue 5, Pages 86-1 (May 2012)**

### مدل سازی فرایند حرارت دهی تسمه در کوره آنیل پیوسته عمودی

#### Modeling of Strip Heating Process in Vertical Continuous Annealing Furnace

##### چکیده

مکانیزم انتقال حرارت برای حرارت دهی تسمه در کوره آنیل پیوسته عمودی معمولاً مکانیزم تابش است. سرعت انتقال حرارت تسمه و قطعات دیگر می‌تواند به طور چشمگیری تحت تأثیر پارامترهای سرعت، هندسه، خصوصیات تابشی سطح تسمه و لوله های تابش و دیواره های کوره باشد. در این پژوهش مدلی در بردارنده تمام پارامترها برای محاسبه ضریب انتقال حرارت، پیش بینی دمای تسمه و دمای مرزی تسمه پیشنهاد شده است. دمای مرزی تسمه یک پارامتر مهم است و با دمای متوسط تسمه و دمای کوره تفاوت دارد. همچنین این مدل می‌تواند برای آنالیز رابطه دمای تسمه و ضریب انتقال حرارت و مقدار انتقال حرارت کل و زمان حرارت دهی استفاده شود. اساس این مدل بر پایه سرعت انتقال حرارت تابشی، قانون خنک شوندگی نیوتن و روش lumped system analysis است. نتایج حاصل از محاسبات انجام گرفته قابل مقایسه با اطلاعات بدست آمده از خط تولید است. مقایسه اطلاعات تجربی و نتایج محاسبه شده نشان دهنده قابلیت خوب مدل برای پیش بینی فرایند حرارت دهی می‌باشد. این مدل به منظور کنترل فرایند در خط تولید استفاده شده است. همچنین این تحقیق روش نوینی برای آنالیز انتقال حرارت تابشی ارائه خواهد داد.

### مدل سازی فرایند نورد پوسته ای به وسیله روش های داده کاوی و المان محدود

#### Modelling a Skin-Pass Rolling Process by Means of Data Mining Techniques and Finite Element Method

##### چکیده

در این تحقیق با استفاده از روش های المان محدود (FEM) و داده کاوی (DM) یک مدل برای بهینه سازی فرایند نورد پوسته ای توسعه یافت. یک مدل FEM بر پایه فرایند نورد پوسته ای واقعی طراحی گردید و اعتبار آن مورد تأیید قرار گرفت. بر اساس این مدل، گروهی از مدل های FE با پارامترهای مختلف و ورق هایی با جنس متفاوت شبیه سازی شد. هر دو متغیر در رنج های از پیش تعیین شده انتخاب شده اند. از تمام شبیه سازی های انجام شده به وسیله FE یک بانک اطلاعاتی تهیه شد. این بانک اطلاعاتی متشکل از پارامترهای فوق الذکر، خواص ورق و متغیرهای فرایند بود. انواع مختلف الگوریتم های داده کاوی به منظور توسعه مدل های پیشگو برای هر یک از متغیرهای فرایند استفاده شده است. بهترین مدل های پیشگو می‌تواند برای پیش بینی متغیرهایی که اندازه گیری آزمایشگاهی آنها مشکل است (مانند تنش های داخلی، کرنش های داخلی و ...) بکار گرفته شود. این مدل ها ابزار مفیدی برای طراحی بهینه فرایند یا استفاده در سیستم های کنترل زمانی کارخانه های نورد پوسته ای می‌باشد.

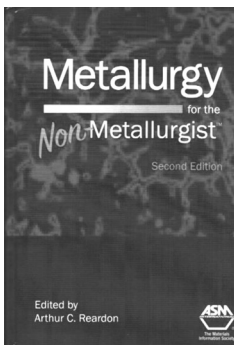
## چکیده

در این تحقیق رفتار تغییر شکل دمای بالای فولاد 9Ni به وسیله دستگاه Gleeble-3500 مورد مطالعه قرار گرفته است. بدین وسیله رابطه بین استحکام، کرنش اعمالی، دمای تغییر شکل و سرعت کرنش ارزیابی شد. نتایج نشان داد هنگامی که کرنش اعمالی کمتر از ۰/۲ است، استحکام حدود ۷۰ تا ۲۰۰ مگاپاسکال افزایش می‌یابد. اما هنگامی که کرنش اعمالی بین ۰/۲ تا ۰/۴ باشد، استحکام حدود ۳۰ تا ۴۰ مگاپاسکال افزایش می‌یابد. هنگامی که کرنش اعمالی بیش از ۰/۴ است، افزایش کمی در استحکام رخ می‌دهد. تأثیر دمای تغییر شکل بر روی استحکام بیشتر است. استحکام فولاد در دمای بالاتر حدود ۱۶۰ مگاپاسکال کمتر از استحکام در دمای پایین است. سرعت کرنش بالاتر منجر به حصول استحکام بالاتر می‌گردد. با افزایش سرعت کرنش دهی، استحکام حدود ۷۰ تا ۱۱۰ مگاپاسکال افزایش می‌یابد. در نهایت یک مدل جدید ریاضی بسیار دقیق برای توصیف رفتار تغییر شکل این فولاد در حین نورد توسعه داده شد.

## چکیده

منحنی سینتیک اکسیداسیون دما بالای فولاد زنگ نزن آستنیتی Cr18Ni11Cu3Al3MnNb در دماهای مختلف به وسیله روش اندازه گیری وزن ارزیابی گردیده است. نتایج حاصل از این پژوهش نمایانگر آن است که منحنی‌های اکسیداسیون در دمای ۷۰۰ و ۸۰۰ درجه سانتی‌گراد به صورت سهمی شکل بوده و این فولاد خواص ضد اکسیداسیونی عالی از خود نشان می‌دهد. مورفولوژی سطح و ساختار فیلم اکسیدی با استفاده از میکروسکوپ الکترونی روبشی و روش تفرق پرتو ایکس مورد مطالعه قرار گرفت. یک فیلم اکسیدی متراکم در دمای ۷۰۰ و ۸۰۰ درجه سانتی‌گراد تشکیل شده است که حاوی ترکیبات  $Al_2O_3$ ،  $Fe_2O_3$  با ساختار هگزاگونال و مقدار کمی اکسید کرم برای دمای ۷۰۰ درجه سانتی‌گراد می‌باشد. در دمای ۹۰۰ درجه سانتی‌گراد فیلم اکسیدی شروع به لایه لایه شدن می‌کند و حاوی ترکیب  $(Cr, Fe)_2O_3$  و اسپینل  $CuCrMnO_4$  و  $Fe(Cr, Al)_2O_4$  است.

## معرفی کتاب



عنوان کتاب: متالورژی برای غیر متالورژها، چاپ دوم

عنوان انگلیسی: Metallurgy for the Non-Metallurgist, Second Edition

مؤلف: Arthur C. Reardon

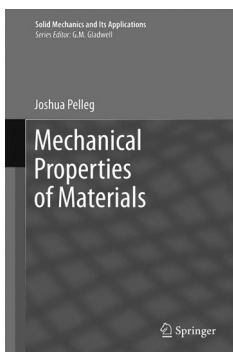
قیمت: ۱۶۹ دلار آمریکا

سال نشر: ۲۰۱۱

تعداد صفحات: ۴۵۰ صفحه

### معرفی:

در چاپ دوم کتاب متالورژی برای افراد غیر متالورژ عمدتاً بر روی مباحث پایه ای و بنیادی متالورژی تمرکز شده است. همان گونه که از نام این کتاب پیداست می تواند منبع بسیار مناسبی برای افرادی باشد که در سایر رشته های فنی مهندسی تحصیل نموده ولی با صناعی در زمینه علم و مهندسی مواد و متالورژی در ارتباط هستند. برخی از مباحث این کتاب شامل ساختار فلزات و آلیاژها، خواص مکانیکی و مکانیزم های استحکام دهی، متالورژی استخراجی، اصول بازرسی فنی، محصولات فولادی و خواص آنها، عملیات حرارتی فولادها، چدن ها، فلزات غیر آهنی، خوردگی و مواردی از این قبیل است. تفاوت عمده ای این کتاب با سایر کتاب های مشابه در ارائه ی مطالب به زبان ساده و استفاده از تصاویر و شکل های رنگی می باشد.



عنوان کتاب: خواص مکانیکی مواد

عنوان انگلیسی: Mechanical Properties of Materials

مؤلف: Joshua Pelleg

سال نشر: در سال ۲۰۱۳ چاپ خواهد شد

تعداد صفحات: ۶۵۰ صفحه

### معرفی:

این کتاب یکی از جدیدترین کتاب های موجود در زمینه ی خواص مکانیکی مواد بوده که تمامی جنبه های مکانیکی مواد را بر اساس جدیدترین نظریات و تئوری های به روز بیان نموده است. کتاب مذکور در ۸ فصل ارائه گردیده که این ۸ فصل عبارت انداز: تست های مکانیکی مواد، مقدمه ای بر ناهمبندی ها، تغییر فرم پلاستیک، مکانیزم های استحکام دهی، تغییر فرم وابسته به زمان (خزش)، تنش های سیکلی (خستگی)، شکست و رفتار مکانیکی مواد در مقیاس میکرون و زیر میکرون (نانو).



عنوان کتاب: فرهنگ جامع متالورژی و مواد (انگلیسی - فارسی)، ویرایش جدید  
عنوان انگلیسی: An encyclopedia of Metallurgy and Materials (English-Persian), New edition

مؤلف: مهندس پرویز فرهنگ

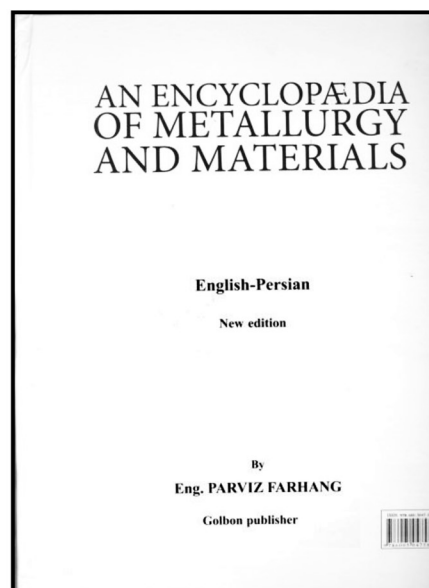
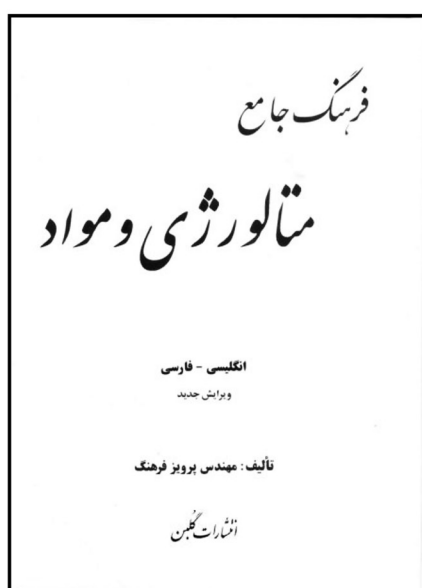
قیمت: ۳۵۰۰۰۰ ریال

سال نشر: ۱۳۹۰

تعداد صفحات: ۹۰۴

معرفی:

جناب آقای مهندس پرویز فرهنگ یکی از پیشکسوتان علم و مهندسی مواد کشور می‌باشد که تا کنون تألیفات زیادی در این زمینه داشته‌اند. تا به حال فرهنگ‌های جامع زیادی توسط ایشان گردآوری و تألیف شده است، کتاب حاضر جدیدترین ویرایش فرهنگ جامع متالورژی و مواد می‌باشد که علاوه بر اعمال اصلاحات نسبت به ویرایش‌های پیشین آن، تعداد واژگان موجود در آن نیز کامل‌تر شده است.



# معرفی نرم افزار

ترجمه و تنظیم: مهندس مسعود بیگی

انجمن آهن و فولاد ایران

## ایجاد شبکه های عصبی با استفاده از نرم افزار MATLAB

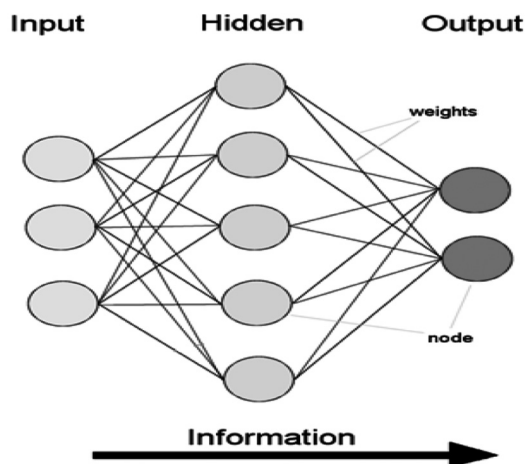
### معرفی شبکه عصبی مصنوعی

شبکه عصبی مصنوعی یک سامانه پردازشی داده‌ها است که از مغز انسان ایده گرفته و پردازش داده‌ها را به عهده‌ی پردازنده‌های کوچک و بسیار زیادی سپرده که به صورت شبکه‌ای به هم پیوسته و موازی با یکدیگر رفتار می‌کنند تا یک مسئله را حل نمایند. در این شبکه‌ها به کمک دانش برنامه نویسی، ساختار داده‌ای طراحی می‌شود که می‌تواند همانند نورون عمل کند. با ایجاد شبکه‌ای بین این گره‌ها و اعمال یک الگوریتم آموزشی به آن، شبکه را آموزش می‌دهند.

### ساختار شبکه‌های عصبی

یک شبکه عصبی شامل اجزای سازنده لایه‌ها و وزن‌ها می‌باشد. رفتار شبکه نیز وابسته به ارتباط بین اعضا است. در حالت کلی در شبکه‌های عصبی سه نوع لایه نورونی وجود دارد:

۱. لایه ورودی: دریافت اطلاعات خامی که به شبکه تغذیه شده است.
۲. لایه‌های پنهان: عملکرد این لایه‌ها به وسیله ورودی‌ها و وزن ارتباط بین آن‌ها و لایه‌های پنهان تعیین می‌شود. وزن‌های بین واحدهای ورودی و پنهان تعیین می‌کند که چه وقت یک واحد پنهان باید فعال شود.
۳. لایه خروجی: عملکرد واحد خروجی بسته به فعالیت واحد پنهان و وزن ارتباط بین واحد پنهان و خروجی می‌باشد.



تصویر شماتیکی اجزاء یک شبکه عصبی

### کاربرد شبکه‌های عصبی

شبکه‌های عصبی مصنوعی دارای دامنه کاربرد وسیعی می‌باشند از جمله سامانه‌های آنالیز ریسک، کنترل هواپیما بدون خلبان، آنالیز کیفیت محصولات، شناسایی طیفی، تشخیص دارو، فرآیندهای کنترل صنعتی، مدیریت خطا، بازیابی اطلاعات راه دور، تشخیص اشیاء سه بعدی و دست نوشته‌ها و چهره. علاوه بر این موارد به تازگی شبکه‌های عصبی کاربرد بسیار زیادی در بحث مهندسی مواد و متالورژی

پیدا کرده‌اند، از جمله کاربرد های شبکه های عصبی در مهندسی مواد به مواردی از قبیل پیش بینی خواص مکانیکی مواد بودن انجام آزمایشات، آنالیز کیفیت جوشکاری، پیش بینی خواص قطعات تولید شده به روش متالورژی پودر، پیش بینی میزان خوردگی مواد در یک محیط خاص و... اشاره نمود.

## استفاده از نرم افزار MATLAB

به طور کلی در نرم افزار MATLAB به سه روش می توان شبکه های عصبی را ایجاد کرد:

۱. کد نویسی

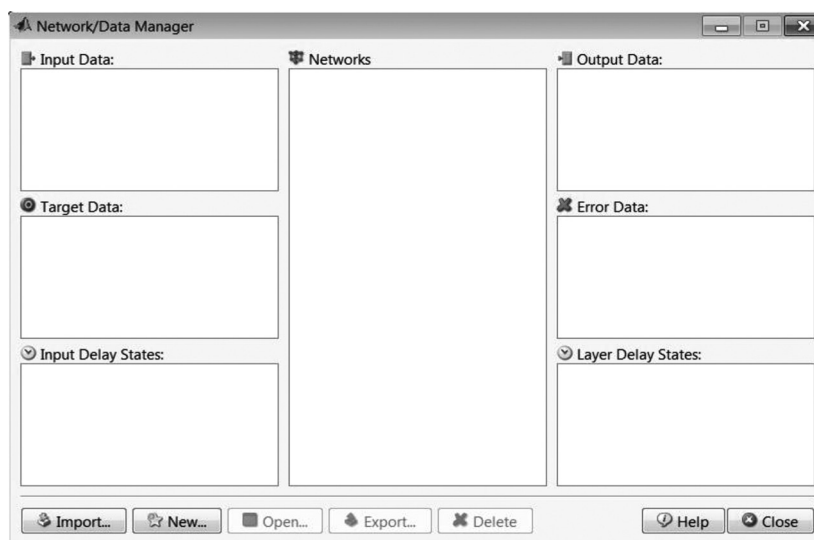
۲. استفاده از سیستم های بلوکی (Simulink)

۳. استفاده از محیط گرافیکی (GUI)

نکته ی قابل توجه در مورد طراحی شبکه های عصبی این است جهت آموزش شبکه و همچنین آزمون آن برای پی بردن به میزان دقت نتایج حاصله، بایستی تعداد زیادی اطلاعات که حاصل از نتایج آزمایشگاهی باشند در دسترس باشد.

از جمله مزایای استفاده از نرم افزار MATLAB برای طراحی شبکه ی عصبی به موارد زیر می توان اشاره نمود؛

- کاهش هزینه ی طرح های تحقیقاتی و حتی خطوط تولید به دلیل اجتناب از انجام آزمایشات عملی
- سرعت بالای پردازش اطلاعات و دستیابی به نتایج
- قابل قبول بودن نتایج حاصله به علت آگاهی از میزان خطای موجود



تصویر نمایی از نرم افزار MATLAB

## سمینارهای بین‌المللی در زمینه مواد متالورژی

No	Title	Location	Date	Organization
1	Superalloys 2012: The 12 <sup>th</sup> International Symposium on Superalloys	Champion, USA	September 9-13, 2012	TMS
2	4 <sup>th</sup> International Conference on Thermomechanical Processing of Steels	UK, London	September 10-12, 2012	IOM <sup>3</sup>
3	14 <sup>th</sup> International Conference on metal forming	Kraków, Poland	September 16-19, 2012	AGH
4	International Conference on New Developments in Metallurgical Process	POLAND, Warsaw	September 17-19, 2012	AIM
5	5 <sup>th</sup> International Congress on Science and Technology of Steelmaking (ICS)	Germany, Dresden	October 1-3, 2012	VDEH
6	6 <sup>th</sup> International Conference on Science and Technology of Ironmaking (ICSTI)	Brazil, Rio de Janeiro	October 14-18, 2012	TMS
7	The 3 <sup>rd</sup> International Symposium on Cutting Edge of Computer Simulation of Solidification, Casting and Refining	Stockholm, Sweden & Helsinki, Finland. KTH & Aalto Univ	May 20-23, 2013	CSSCR
8	4 <sup>th</sup> European Conference & Expo Duplex	ITALY	2013	CSM

## سمینارهای داخلی

پایگاه اینترنتی	زمان	عنوان	ردیف
www.etes.ir	۲۰ شهریور ۹۱	اولین همایش ملی صدور خدمات فنی و مهندسی	۱
www.seminars.usb.ac.ir	۲۱ تا ۲۳ شهریور ۹۱	اولین کنفرانس انتقال حرارت و جرم ایران	۲
www.iranpipetech.com	۸ و ۹ مهر ۹۱	چهارمین کنفرانس لوله و خطوط انتقال نفت و گاز	۳
www.mirc.uk.ac.ir	۲۰ مهر ۹۱	دومین همایش صنایع معدنی	۴
www.ichec14.ir	۲۵ تا ۲۷ مهر ۹۱	چهاردهمین کنگره ملی مهندسی شیمی ایران	۵
www.amie.merc.ac.ir	۲۶ تا ۲۷ مهر ۹۱	اولین همایش مواد پیشرفته در صنایع هوایی و انرژی	۶
www.bandargaziau.ac.ir	۱۰ آبان ۹۱	همایش منطقه ای تولید ملی، حمایت از کار سرمایه ایرانی	۷
www.toroudshomal.com	۲۳ آبان	کنفرانس ملی کارآفرینی و مدیریت کسب و کارهای دانش بنیان	۸
www.qec.ir/fa	۱۴ و ۱۵ آذر ۹۱	اولین کنفرانس بین‌المللی مهندسی کیفیت	۹
www.issiran.com	۱ و ۲ اسفند ۹۱	سمپوزیوم فولاد ۹۱	۱۰



# سایت‌های اطلاع‌رسانی

آهن و فولاد در شبکه اینترنت



## انجمن علوم و تکنولوژی سطح

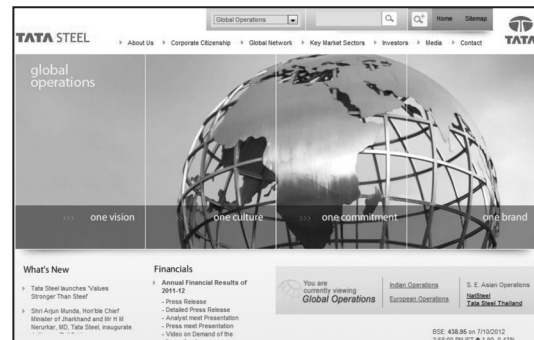
این وب سایت متعلق به انجمن علوم و تکنولوژی سطح بوده که حاوی اطلاعات به روزی در زمینه‌ی مهندسی سطح می‌باشد. در بخش اخبار جدیدترین خبرهای داخلی و خارجی مرتبط با تکنولوژی‌های سطحی و همچنین سمینارها و همایش‌های مرتبط آورده می‌شود. یکی از قابلیت‌های این وب سایت که اغلب مورد توجه دانشجویان و اساتید می‌باشد، امکان دریافت فایل مقالات منتشر شده در نشریه‌ی سطح به صورت رایگان می‌باشد.

[www.issst.org](http://www.issst.org)

## فولاد تاتا

شرکت فولاد سازی تاتا یکی از بزرگ‌ترین شرکت‌های تولید کننده‌ی انواع فولاد می‌باشد که در مناطق مختلف جهان دارای شعبات زیادی می‌باشد. در وب سایت رسمی این شرکت علاوه بر قرارگیری اخبار این شرکت عظیم اطلاعات مفید دیگری نیز همچون گزارشات سالانه‌ی شرکت، اطلاعات تخصصی محصولات و... قرار گرفته است که می‌تواند به عنوان یک منبع مناسب برای محققین در زمینه‌ی آهن و فولاد باشد.

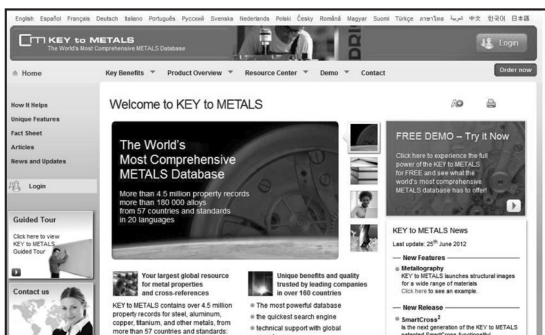
[www.tatasteel.com](http://www.tatasteel.com)



## کلید فلزات

وب سایت Key to Metals یا کلید فلزات یک سایت اطلاع رسانی به روز در زمینه‌ی فلزات بوده که طبق ادعای طراحان آن به عنوان جامع‌ترین پایگاه داده‌های فلزات دنیا معرفی گردیده است. در این پایگاه داده‌ها بیش از ۴ میلیون و پانصد هزار مورد از خواص ۱۸۰ هزار آلیاژ گوناگون به ثبت رسیده است. در این سایت در کنار امکان مطالعه‌ی مقالات تخصصی گوناگون امکاناتی همچون مقایسه‌ی خواص مواد مختلف با یکدیگر نیز وجود دارد. از نکات قابل ذکر در مورد این وب سایت این است که اطلاعات آن به ۲۰ زبان مختلف قابل دسترس می‌باشد.

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





# پروژه‌های دکتری و کارشناسی ارشد

## مربوط به صنعت فولاد

عنوان پروژه: برنامه ریزی بازاریابی محصولات شرکت سهامی ذوب آهن اصفهان

ارائه دهنده: اعظم باقری

استاد راهنما: دکتر حسن شوندی

دانشگاه صنعتی شریف دانشکده مهندسی صنایع، ۱۳۸۹

### چکیده

در دنیای امروزی، که رقابت و تأمین به موقع نیازهای مشتری در میان شرکت‌ها حرف اول را می‌زند، به طبع بازاریابی نقش بسیار مهمی را به عهده خواهد داشت، لذا آشنایی کامل با مفاهیم تجارت و بازاریابی از ابزار مهم شرکت‌ها برای دستیابی به اهداف بالقوه خود در بازارهای هدف به حساب می‌آید. بر این اساس شرکت سهامی ذوب آهن اصفهان نیز، با توجه به کیفیت بالای محصولات خود، از این قاعده در بازار فولاد مستثنی نخواهد بود. بر این اساس و با توجه به پروژه طرح توازن، که تولید سالیانه این کارخانه را ۳/۱ میلیون تن در سال افزون خواهد نمود، طراحی یک برنامه ریزی بازاریابی مناسب، متناسب با محصولات این کارخانه برای بازارهای بین‌المللی ضروری به نظر می‌رسد. در این پایان‌نامه، به تدوین یک برنامه بازاریابی متناسب با محصولات مهم صادراتی این شرکت، در بازارهای هدف خارجی، پرداخته شده است.

عنوان پروژه (رساله‌ی دکتری): مدل‌سازی تنش‌های پسماند جوشکاری در اتصال نامتجانس فولاد ساده کربنی به فولاد

### زنگ زن

ارائه دهنده: اسلام رنجبرنوده

اساتید راهنما: دکتر امیر حسین کوبی، دکتر سیامک سراج زاده

دانشگاه صنعتی شریف دانشکده مهندسی مواد و علم مواد، ۱۳۸۹

### چکیده

در پژوهش حاضر با استفاده از روش اجزاء محدود، تنش‌های پسماند جوشی اتصال نامتجانس فولاد کربنی به فولاد زنگ نزن بررسی شد. ابتدا با استفاده از یک مدل سه بعدی گذرای ترموالاستیک پلاستیک، تأثیر درجه رقت و متغیرهای فرایند بر شکل حوضچه جوش و دانه بندی منطقه متأثر از حرارت در بخش فولاد زنگ نزن مورد بررسی قرار گرفت و همچنین تأثیر این متغیرها بر تنش‌های پسماند و اعوجاج ورق جوشکاری شده بررسی گردید. در پایان با استفاده از نتایج آنالیز EBSD، سعی شد که بین کرنش‌های پلاستیک ماکرو و میکروسکوپی منطقه متأثر از حرارت فولاد زنگ نزن ارتباط کیفی برقرار گردد. مقایسه نتایج شبیه سازی و عملی نشان داد که مدل مورد استفاده در پیش بینی رفتار ترمومکانیکی این اتصال نتایج منطقی را بدست می‌دهد.

عنوان پروژه: بررسی ریز ساختار و مقاومت به خوردگی فولاد زنگ نزن L ۳۱۶ با پوشش نانو ساختار  $TiO_2-SiO_2$  به

روش سل ژل در محیط ۳/۵ درصد NaCl

ارائه دهنده: فرزاد ملک محمدی

استاد راهنما: دکتر تقی شهبازی فراهانی

دانشگاه تربیت مدرس، دانشکده فنی و مهندسی، ۱۳۸۸

### چکیده

در این پروژه از روش سل ژل برای ایجاد پوشش‌های سیلیکا-تیتانیا با نسبت‌های اختلاط مشخص بر روی آلیاژ فولاد زنگ نزن L ۳۱۶ استفاده شده است. برای بررسی خواص میکرو ساختاری و خوردگی پوشش‌ها از میکروسکوپ الکترونی، روش پلاریزاسیون دینامیکی و طیف‌نگاری امپدانس (EIS) استفاده شده است و همچنین از تکنیک‌های آنالیز مانند XRD، EDX، DTA و FTIR مورد استفاده قرار گرفته است. در تشکیل پوشش‌های اکسید سیلیکا-تیتانیا به روش سل ژل بر روی آلیاژ فولاد زنگ نزن L ۳۱۶، نقش عواملی همچون دمای عملیات حرارتی و تأثیر نسبت اختلاط بر مقاومت خوردگی پوشش بررسی شده‌اند. نتایج حکایت از آن دارد که با افزایش درصد سیلیکا پوشش متخلخل‌تر شده و در نتیجه مقاومت به خوردگی پوشش هم کاهش می‌یابد. افزودن سیلیکا به خاطر تشکیل پیوند Ti-O-Si منجر به تأخیر انداختن استحاله فازی تیتانیا می‌گردد. عملیات حرارتی در دمای ۴۰۰ و ۵۰۰ درجه سانتی‌گراد منجر به افزایش درصد تخلخل و ایجاد تنش و گسترش ترک در پوشش می‌گردد که منجر به کاهش مقاومت به خوردگی پوشش می‌گردد. همچنین مشاهده شد که بهترین مقاومت به خوردگی در بین نمونه‌ها برای نمونه T7S3 (نسبت سیلیکا به تیتانیا: ۳ به ۷) عملیات حرارتی شده در دمای ۳۰۰ درجه سانتی‌گراد بدست آمده است. در این دمای عملیات حرارتی، پوشش کریستاله شده که منجر به کاهش مقاومت به خوردگی می‌گردد.

## عنوان پروژه: تولید و مشخصه یابی پوشش‌های شفاف نانو کامپوزیتی پلی یورتان اکریلیکی - نانو سیلیکا بر سطح فولاد ساده کربنی

ارائه دهنده: یاسر هاشم زاده

اساتید راهنما: دکتر مهدی صالحی، دکتر مسعود پنجه پور

دانشگاه صنعتی اصفهان، دانشکده مهندسی مواد، ۱۳۸۹

### چکیده:

در این پروژه، تولید پوشش‌های شفاف نانو کامپوزیتی پلی یورتان اکریلیکی / نانو سیلیکا، اعمال و مشخصه یابی آن بر روی سطح فولاد ساده کربنی مورد پژوهش قرار گرفته است. در این راستا از دو نوع نانو سیلیکای فومی و رسوبی به عنوان پرکننده در پوشش فوق استفاده شد. جهت رسیدن به فرایند پخش مناسب نانو ذرات در زمینه‌ی پلیمری، از دو نوع همزن مغناطیسی و دیسکی دور بالا بهره گرفته شد. فرایند اسپری هوا نیز به عنوان روش پوشش دهی انتخاب شد. خواص فیزیکی پوشش مانند شرایط پخش ذرات و ویسکوزیته با استفاده از آنالیزور توزیع اندازه ذرات zeta Sizer و ویسکوزیتر چرخشی مورد بررسی قرار گرفت. خواص نوری پوشش از قبیل شفافیت، براقیت و جذب طیف UV/Vis با استفاده از کدورت سنج و اسپکتروفوتومتر اندازه گیری شد. نتایج نشان داد که ذرات نانومتری سیلیکا به دلیل دارا بودن اندازه ذرات کمتر از طول موج نور مرئی، پخش مناسب و ضریب شکست نزدیک به زمینه‌ی پلی یورتان، بر روی شفافیت و براقیت پوشش‌ها کمترین تأثیر را داشته و در عین حال منجر به افزایش ویسکوزیته، پایداری محیطی (به خصوص در مقابل اشعه ماورای بنفش)، چسبندگی، میکرو سختی و مقاومت به ضربه و سایش پوشش‌های نانو کامپوزیتی شده‌اند. تصاویر SEM از مسیر سایش و ذرات سایشی، نمایانگر مکانیزم غالب خستگی سطحی در هر دو نوع فرایند سایش فرسایشی و پین روی دیسک می‌باشد. همچنین مقاومت به خوردگی پوشش‌های نانو کامپوزیتی در محیط مه نمکی (به مدت ۵۰۰ ساعت) بیشتر از انواع خالص بدست آمد. این افزایش نتیجه مستقیم افزایش چسبندگی پوشش به زیر لایه و نیز افزایش دانسیته و انسجام بدنه پوشش با افزودن نانو ذرات است. بر اساس یافته‌های پروژه حاضر، نانوسیلیکای رسوبی نشان داده که با ایجاد پوششی ارزان با شفافیت، براقیت، سختی و چقرمگی بالا و همچنین مقاوم به شرایط محیطی، سایشی و شیمیایی، پتانسیل لازم جهت جایگزینی با نوع گران‌تر فومی را در پوشش‌های شفاف پلیمری دارا است.

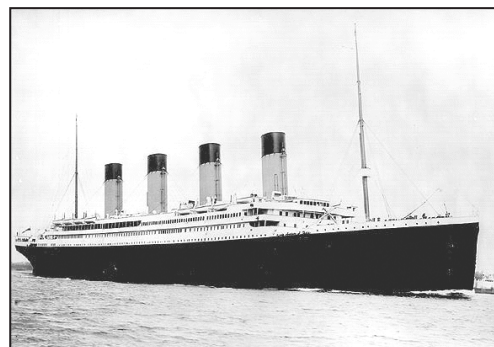
## دانستنی‌های فولادی

### کشتی تایتانیک پس از یک صد سال

ترجمه و تنظیم: مهندس مسعود بیگی

#### مقدمه

ماه آوریل سال جاری یک صدمین سالگرد غرق شدن کشتی تایتانیک عظیم‌ترین کشتی مسافربر جهان در زمان خود می‌باشد. این موضوع باعث شده که مجله‌ی تخصصی تکنولوژی آهن و فولاد آمریکا مطلبی را به این بحث اختصاص دهد. این کشتی در نیمه شب ۱۵ آوریل ۱۹۱۲ در آب‌های منجمد اقیانوس اطلس غرق شد. تا کنون نظریات بسیار زیادی در مورد دلایل غرق شدن این کشتی غول پیکر ارائه شده است اما در این مطلب دلایل غرق شدن آن از دید متالورژیکی بررسی می‌گردد. دلیل اصلی اتفاق افتادن این حادثه بر می‌گردد به یکی از ویژگی‌های مهم فولاد یعنی تبدیل رفتار نرم به ترد که در ادامه با ذکر نتایج برخی از آزمایشات انجام گرفته بر روی قطعاتی که پس از سال‌ها از آب بیرون آورده شده‌اند، به صورت تخصصی مورد بحث و بررسی قرار می‌گیرد.



تایتانیک دارای ۲۷۰ متر طول و ۲۸ متر پهنا بوده و بیش از ۴۶۰۰۰ تن وزن داشت. ارتفاع آن ۳۲ متر بود که تقریباً ۱۱ متر آن زیر آب قرار می‌گرفت. دارای سه دودکش واقعی و یک دودکش مجازی بود. موتورهای بزرگ و پر قدرت آن هیچ‌کدام از ارتعاش‌های آزاردهنده متداول در اقیانوس پیمای‌های دیگر را ایجاد نمی‌کردند. حتی زمانی که با حداکثر سرعت ۲۲ گره دریایی معادل با ۴۱ کیلومتر در ساعت، که در زمره سریع‌ترین کشتی‌های آن زمان بود حرکت می‌کرد، مسافری داخل آن می‌توانستند از حداکثر آسایش برخوردار شوند.

#### غرق شدن

کشتی‌های آن زمان مجهز به رادار نبودند ولی تایتانیک به سیستم تلگراف بی سیم مارکونی مجهز شده و دو اپراتور سیستم به طور شبانه روزی در اتاق مخابرات آن کار می‌کردند. در روز یکشنبه ۱۴ آوریل، پنجمین روز مسافرت، تایتانیک پنج اخطار مختلف درباره مشاهده کوه‌های یخ دریافت کرد، اما کاپیتان کشتی چندان توجهی به این اخطارها ننمود. کشتی با سرعت ۲۲ گره در حال حرکت رو به جلو بود و مدیر اجرایی شرکت اعلام کرد که یک روز زودتر از برنامه به نیویورک خواهند رسید.

در ساعت ۱۱:۴۰، یکی از دیده‌بانان کشتی که در آشیانه خدمه حاضر بود، کوه یخ عظیمی را که به طرز خطرناکی در جلو و نزدیک کشتی بود مشاهده کرد. او به ناخدا یکم مورداک اعلام خطر کرد و مورداک سراسیمه دستور داد که کشتی تماماً به سمت چپ بگردد. او به موتورخانه دستور داد که گردش پروانه‌ها را معکوس کنند. کشتی به آرامی به چپ گردید، اما تایتانیک بسیار بزرگ بود و بسیار سریع حرکت می‌کرد، و کوه یخ نیز بسیار نزدیک بود. سی و هفت ثانیه بعد پهلوی سمت چپ کشتی به قسمت زیر آب کوه یخ کشیده شده و شکافی در بدنه کشتی ایجاد شد. آب به سرعت وارد قسمت‌های کشتی شد و از آنجایی که شکاف بسیار طویل بود، بیشتر قسمت‌های کشتی همزمان شروع به پر شدن از آب کردند.

بدین ترتیب در طول شبی پر از حادثه و وحشت، ۷۰۶ نفر از مسافری نجات یافته و ۱۵۱۷ نفر باقیمانده یا در داخل آب‌های منجمد اقیانوس اطلس جان سپردند، و یا همراه بدنه عظیم کشتی که در حین فرو رفتن در آب به دو تکه شد، به قعر اقیانوس رفتند.

#### اکتشاف

بدنه تایتانیک در سال ۱۹۸۵ توسط رابرت بالارد، به کمک سونار در عمق ۳۷۰۰ متری اقیانوس اطلس در حالی که در کف آن قرار داشت، کشف شد. در این اکتشاف از یک زیردریایی



کوچک که قادر به نفوذ در عمق دریاها بود استفاده شد. کشتی به دو بخش بزرگ شکسته شده بود که از هم ۶۰۰ متر فاصله داشتند. این اولین باری بود که تایتانیک پس از سال ۱۹۱۲ میلادی دوباره دیده می‌شد.

### عواملی موثر در غرق شدن کشتی

در مورد عوامل موثر بر این واقعه موارد زیادی از جمله اشتباه کاپیتان کشتی، اشتباه مدیر اجرایی شرکت کشتیرانی، اشتباه سرپرست طراحان تایتانیک و اشتباه ناخدا اشاره شده است اما دلیلی که در اینجا مورد نظر است پدیده‌ی متالورژیکی «تبدیل رفتار نرم به ترد فولاد» می‌باشد که در زمان ساخت تایتانیک و تا چند دهه پس از آن برای مهندسان ناشناخته بود.

### فاکتورهای متالورژیکی موثر

روشن است دمایی که قطعه در آن کار می‌کند یکی از مهم‌ترین عواملی است که بر ماهیت شکست تأثیر می‌گذارد به عبارت دیگر تغییر دما بر رفتار ماده تأثیر دارد. شکست ترد معمولاً در دمای پایین اتفاق می‌افتد و در برخی فولادها، شرایط ممکن است به گونه‌ای باشد که تفاوت چند درجه در گستره دمای محیط، تفاوت بین رفتار نرم و ترد را تعیین کند. فولادهای کم کربن در آهنگ‌های کم کرنش در تمام دماهای بالای حدود ۱۷۰ درجه سانتی‌گراد نرم هستند، ولی هنگامی که در معرض نیروهای ضربه‌ای قرار می‌گیرند، در گستره باریکی از دما در نزدیکی صفر درجه سانتی‌گراد، نحوه شکست از حالت نرم به حالت ترد تبدیل می‌شود.

از کارافتادگی سازه‌های ساخته شده از فولادهای کم کربن در اثر شکست ترد از آغاز مصرف این فولادها بروز کرده است؛ اما تنها در سال‌های دهه ۱۹۴۰ میلادی بود که این مسئله به وضوح مطرح شد و مورد توجه قرار گرفت. این امر مقارن با ساخت اولین کشتی‌های با بدنه تمام جوشکاری شده بود. پیش از آن اگر در یکی از ورق‌های کشتی شکست ترد رخ می‌داد، ترک در انتهای صفحه یا در یک ردیف پرچ متوقف می‌شد. در یک کشتی تمام جوشکاری شده، بدنه کشتی عملاً یک ورق پیوسته است و اگر شکست ترد شروع شود، ممکن است به طور ناگهانی ادامه یابد. پس از کشف بقایای تایتانیک در سال ۱۹۸۵ میلادی، آزمایش کشش، متالوگرافی، ضربه و آنالیز شیمیایی روی بدنه کشتی انجام شد. نتایج این آزمون‌ها را در جداول ۱ و ۲ و نیز شکل‌های ۱ و ۲ قابل مشاهده است.

در اوایل قرن بیستم تنها روش تولید فولادهای سازه‌ای، فرآیند کوره زیمنس مارتین (open-Hearth) بوده است. مقادیر زیاد اکسیژن و مقدار کم سیلیسیوم آن بیانگر اکسیژن زدایی جزئی فولاد است یعنی نیمه آرام بوده است. تحقیقات یک دانشمند نشان می‌دهد در عصر تایتانیک، حدود دو سوم فولادهای تولیدی با کوره زیمنس مارتین انگلستان، در کوره‌هایی با آستری اسیدی تولید می‌شده‌اند. احتمال زیادی وجود دارد که فولاد مورد استفاده در ساخت تایتانیک نیز در چنین کوره‌ای تولید شده باشد که دلیلی بر مقادیر زیاد فسفر و گوگرد فولاد است. آستری بازی در واکنش با فسفر و گوگرد فولاد، سبب حذف این ناخالصی‌ها از فولاد می‌گردد همانند بیشتر فولادهایی که در آن زمان در

جدول ۱. نتایج آنالیز شیمیایی بدنه تایتانیک، فولاد امروزی و معادل سازی آن با فولاد A36 (AISI 1018)

	C	Mn	P	S	Si	Cu	Ni	Cr
Titanic (1996)	0.21	0.47	0.045	0.069	0.017	0.02	-	-
Modern (1999)	0.09	0.51	0.013	0.013	0.280	0.28	0.18	0.19
AISI 1018 (ASM)	0.18 – 0.23	0.6 – 1.0	0.04 max	0.05 max	-	-	-	-

جدول ۲. نتایج آزمون کشش ورق بدنه تایتانیک و نمونه‌ی مشابه امروزی آن

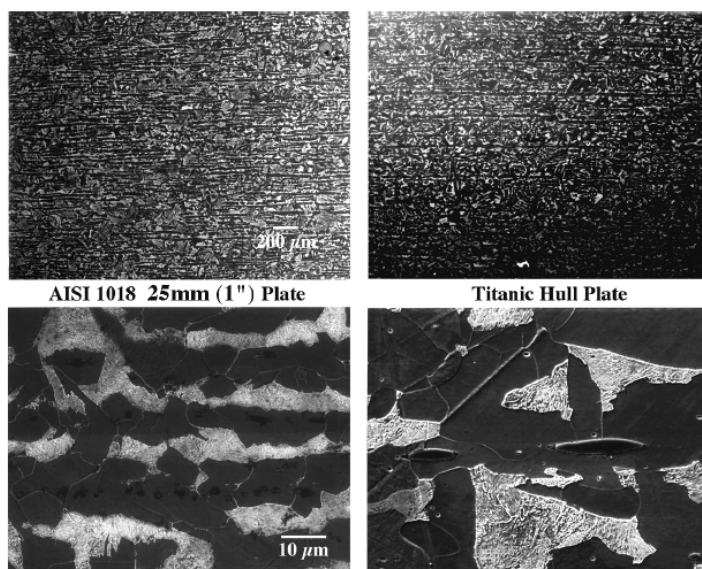
	استحکام تسلیم (Mpa)	استحکام کششی (Mpa)	درصد ازدیاد طول	کاهش در سطح مقطع
Titanic (1996)	۱۹۳	۴۱۷	٪ ۲۹/۰	٪ ۵۷/۱
Modern (1999)	۳۳۸	۴۴۱	٪ ۲۷/۰	٪ ۶۶/۰

ساختار هم ذرات درشت و کشیده MnS که فازی مضر در فولاد است، دیده می‌شوند. در ریز ساختار پدیده banding قابل مشاهده است.

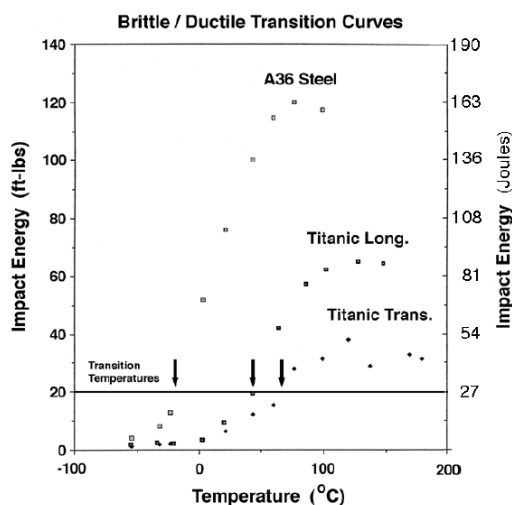
سه سری نمونه ضربه در دامنه دمایی ۵۵- درجه سانتی‌گراد تا ۱۷۹ درجه سانتی‌گراد مورد آزمون قرار گرفتند که ۲ سری مربوط به نمونه‌های طولی و عرضی تایتانیک و یک سری نیز مربوط به فولاد A36 بود. توجه دقیق به شکل ۲ این واقعیت را نشان می‌دهد که دمای تبدیل یا همان DBTT برای نمونه طولی ورق تایتانیک ۳۲ درجه سانتی‌گراد و ۵۶ درجه سانتی‌گراد برای نمونه عرضی بوده است یعنی این فولاد در دماهای زیر ۳۳

گلاسکو اسکاتلند تولید می‌شدند.

همان‌گونه که در جدول ۱ مشخص است مقایسه بین ورق تایتانیک با A36 نشان می‌دهد که فولادهای امروزی منگنز بیشتر و گوگرد کمتری نسبت به فولادهای یک قرن پیش داشته و در نتیجه نسبت Mn:S بالاتر است که خود باعث کاهش احتمال رخ دادن پدیده تبدیل رفتار نرم به ترد می‌گردد. این نکته نیز قابل توجه است که فولاد A36 مقدار فسفر کمتری نسبت به فولاد بدنه تایتانیک دارد که این امر کاهش دمای تبدیل را در پی دارد. اگر در شکل ۱ دقت کنیم می‌توانیم کلسی‌های کشیده شده فاز پرلیت را به بینیم. در مناطقی از



شکل ۱. ریز ساختار نمونه طولی ورق تایتانیک و نمونه‌ی استاندارد



شکل ۲. نمودار آزمون ضربه شاری

پایین بودن نسبت Mn:S، درشت دانه بودن فریتها و نیز وجود کلنی‌های درشت پرلیت قرار دهیم به این نتیجه می‌رسیم که با وجود استفاده از مرغوب‌ترین فولادی که سازندگان تایتانیک در دسترس داشتند اما رخ دادن پدیده تبدیل رفتار نرم به ترد فولاد در کنار عامل نیروی اعمالی هنگام برخورد به کوه یخ سبب ایجاد آن حادثه شده است.

### مراجع

[1] The RMS Titanic 100 years later, Bruce L. Bramfit, Iron & steel Technology, April 2012.

[2] Metallurgy of the RMS Titanic, Tim Foecke Metallurgy Division National Institute of Standards and Technology, NIST-IR 6118.

[3] سرگذشت تایتانیک، گردآوری و تحقیق: اصغر ناصری، آبان ماه ۱۳۸۱

درجه سانتی گراد ترد شده و مستعد آسیب بوده است.

ورق تایتانیک دارای ضخامت اسمی ۱/۸۷۵ سانتیمتر بود که بر اثر خوردگی توسط آب شور اقیانوس این میزان کاهش یافته بود و امکان ماشینکاری نمونه استاندارد کشش وجود نداشت لذا از نمونه گرد با قطر ۰/۶۲۵ سانتیمتر و طول گیج ۲/۵ سانتیمتر استفاده شد. توجه به این مطلب لازم است که با توجه به جدول ۲، ورق تایتانیک از استحکام قابل قبولی برخوردار بوده است.

### نتیجه گیری

با عنایت به مطالب ذکر شده، می‌توان دلیل اصلی در غرق شدن تایتانیک را وجود پدیده تبدیل رفتار نرم به ترد (DBTT) برای فولاد مورد استفاده دانست. بنا بر گزارش‌ها و مدارک موجود، دمای آب به هنگام برخورد تایتانیک با کوه یخ، ۲- درجه سانتی گراد بوده است که اگر این عامل را در کنار تافنس کم فولاد بدنه تایتانیک به دلایلی از جمله: میزان کم منگنز،

## آیا می دانید:

بزرگترین تولیدکننده سنگ کرومیت جهان با ۵/۱۰۴ میلیون تن کشور آفریقای جنوبی می باشد.

منبع: مرجع فولاد ۹۰

کل انتشار گاز CO<sub>2</sub> جهان معادل ۳۱ میلیارد تن است.

منبع: مرجع فولاد ۹۰

# برگزاری دوره‌های آموزشی انجمن آهن و فولاد ایران

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

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

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

## بسته‌های آموزشی انجمن آهن و فولاد ایران

### بسته خوردگی

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

### بسته ریخته‌گری

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

### بسته مهندسی سطح

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

### بسته ارزیابی خواص مکانیکی مواد و شکل‌دهی

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

### بسته جوشکاری

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

### بسته روش‌های آنالیز مواد

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

### بسته استاندارد

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



بسته ذوب

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

بسته شناسایی و انتخاب مواد

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

بسته انرژی

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

کمیته آموزش انجمن آهن و فولاد ایران

## انشارات آهن و فولاد

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

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

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





ISSI

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

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

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

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

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

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

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

<input type="text"/>	تاریخ شروع عضویت
<input type="text"/>	تاریخ اتمام عضویت
<input type="text"/>	تعداد سال عضویت
<input type="text"/>	توسیمات

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).
- ۳- دو قطعه عکس ۴×۳.
- ۴- فیش بانکی به مبلغ (برای مؤسسات حقوقی وابسته ۵/۰۰۰/۰۰۰ ریال، برای اعضاء حقیقی ۲۰۰/۰۰۰ ریال، برای دانشجویان ۱۰۰/۰۰۰ ریال) به حساب کوتاه مدت سیبا به شماره ۰۲۰۲۸۳۱۶۲۷۰۰۲ بانک ملی ایران، شعبه دانشگاه صنعتی اصفهان (کد شعبه ۳۱۸۷) به نام انجمن آهن و فولاد ایران.



انجمن آهن و فولاد ایران



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

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

منتشر می نماید.

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

ضمناً مقالات بایستی تحت یکی از عناوین زیر تهیه گردند.

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

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

آهن و فولاد ایران، کدپستی: ۸۳۱۱۱-۸۴۱۵۶

دبیرخانه مجله بین المللی انجمن آهن و فولاد ایران

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

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

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

# International Journal of Iron & Steel Society of Iran

## INSTRUCTIONS FOR AUTHORS

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

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

### 2.Category:

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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



# A GUIDE FOR PREPARATION OF MANUSCRIPT

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

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

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

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

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

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

## 1) Journals

Use the standard abbreviations for journal names given in the International Standard ISO 4. Give the volume number, the year of publication and the first page number.

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

## 2) Conference Proceedings

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

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

## 3) Books

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

[Example]

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

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

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

**4. Figures:** All graphs, charts, drawings, diagrams, and photographs are to be referred to as Figures and should be numbered consecutively in the order that they are cited in the text. Figures must be photographically reproducible. Each figure must appear on a separate sheet and should be identified by figure number, caption and the representative author's name. Figure captions must be collected on a separate sheet. Figures are normally reduced in a single column of 84 mm width. All lettering should be legible when reduced to this size.

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

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

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

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

Classification

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

# راهنمای اشتراک فصلنامه پیام فولاد

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

- ۱- فرم اشتراک را کامل و خوانا پر کرده و کدپستی و شماره تلفن را حتماً قید فرمائید.
- ۲- مبلغ اشتراک را می‌توانید از کلیه شعب بانک ملی ایران در سراسر کشور به حساب کوتاه مدت سیبا به شماره ۰۲۰۲۸۳۱۶۲۷۰۰۲ بنام انجمن آهن و فولاد ایران در بانک ملی شعبه دانشگاه صنعتی اصفهان (کد ۳۱۸۷) حواله نمائید و اصل فیش بانکی را همراه با فرم تکمیل شده اشتراک به نشانی:  
اصفهان، بلوار دانشگاه صنعتی اصفهان، شهرک علمی تحقیقاتی اصفهان، میدان فن آوری (شیخ بهایی)، خیابان ۲، خیابان ۱۵، خیابان ۱۴، خیابان ۱۲، به سمت ساختمان فن آفرینی شماره ۱، ساختمان انجمن آهن و فولاد ایران، کدپستی: ۸۳۱۱۱-۸۴۱۵۶ ارسال فرمایید.
- ۳- کپی فیش بانکی را تا زمان دریافت نخستین شماره اشتراک نزد خود نگه دارید.
- ۴- مبلغ اشتراک برای یک سال با هزینه پست و بسته‌بندی ۲۰۰/۰۰۰ ریال می‌باشد.
- ۵- در صورت نیاز به اطلاعات بیشتر با تلفن‌های ۲۴-۳۹۳۲۱۲۱ (۰۳۱۱) تماس حاصل فرمائید.

## فرم اشتراک

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

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

شغل ..... تحصیلات ..... سن .....

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

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

تلفن: ..... فاکس: .....

برای اعضاء انجمن این نشریه بصورت رایگان ارسال می‌گردد.

## تعارف آگهی در فصلنامه پیام فولاد

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

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

### توضیحات:

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

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

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



## تهیه مقاله برای فصلنامه پیام فولاد

- ۵- جداول و نمودارها با سطر بندی و ستون بندی مناسب ترسیم شده و در مورد جداول شماره و شرح آن در بالا و در مورد اشکال در زیر آن درج گردد. واحدهای سیستم بین المللی (SI) برای واحدها در نظر گرفته شود.
  - ۶- تصاویر و عکس ها: اصل تصاویر و عکس ها باید به ضمیمه مقاله ارسال شود. در مورد مقالات ترجمه شده ارسال اصل مقاله همراه با تصاویر و عکس های آن ضروری است.
  - ۷- واژه ها و پی نوشت ها: بالای واژه های متن مقاله شماره گذاری شده و اصل لاتین واژه با همان شماره در واژه نامه ای که در انتهای مقاله تنظیم می گردد درج شود.
  - ۸- منابع و مراجع: در متن مقاله شماره مراجع در داخل کروشه [ ] آورده شود و با همان ترتیب شماره گذاری شده مرتب گردیده و در انتهای مقاله آورده شوند.
- مراجع فارسی از سمت راست و مراجع لاتین از سمت چپ نوشته شوند.
- در فهرست مراجع درج نام مؤلفان یا مترجمان - عنوان مقاله - نام نشریه - شماره جلد - صفحه و سال انتشار ضروری است.

### 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.