



انجمن آهن و فولاد ایران

پیام فولاد

۱۳۹۴

فصلنامه علمی - خبری انجمن آهن و فولاد ایران
تابستان - شماره ۵۹

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. **ISSIRAN**



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

دکتر حسین ادريس (استاد دانشگاه صنعتی اصفهان)
دکتر بهروز ارباب‌شیرانی (استادیار دانشگاه صنعتی اصفهان)
مهندس محمدحسن جولزاده (شرکت آژینه گستر اسپادانا)
دکتر کیوان رئیسی (دانشیار دانشگاه صنعتی اصفهان)
دکتر احمد ساعتچی (استاد دانشگاه صنعتی اصفهان)
دکتر علی شفیعی (دانشیار دانشگاه صنعتی اصفهان)
دکتر مرتضی شمعیان (استاد دانشگاه صنعتی اصفهان)
دکتر عباس نجفی‌زاده (استاد دانشگاه صنعتی اصفهان)

مدیر اجرایی: مهندس مرتضی صالحی
مدیر روابط عمومی: فریدون واعظزاده
طراحی جلد و صفحه‌آرایی: الهام معینی

ناشر: انجمن آهن و فولاد ایران

خدمات نشر: ارکان دانش

شمارگان: ۱۰۰۰ نسخه

بهاء: ۶۰۰۰۰ ریال

نشانی: اصفهان، دانشگاه صنعتی اصفهان، شهرک علمی تحقیقاتی اصفهان، پارک علم و فناوری شیخ بهایی، انجمن آهن و فولاد ایران، کدپستی: ۸۳۱۱۱-۸۴۱۵۶
تلفن: ۰۲۴-۳۳۹۳۲۱۲۱-۰۳۱، تلفکس: ۰۳۱-۳۳۹۳۲۱۲۴

E-mail: info@issiran.com

www.issiran.com

●	جدایش ماکرو در شمش های فولاد: قابلیت کاربرد مدل سازی و روش های تعیین ویژگی ترجمه: محمدحسین نشاطی شرکت فولاد آلیاژی ایران	●	۴
●	اخبار انجمن آهن و فولاد ایران	●	۲۳
●	اخبار اعضای حقوقی انجمن آهن و فولاد ایران	●	۲۶
●	اخبار از سایت های بین المللی	●	۲۸
●	عناوین مقالات مندرج در مجلات بین المللی آهن و فولاد - مجله: Journal of Iron and Steel Research, International Volume 22, Issue 7, Pages 557-656 (July 2015)	●	۲۹
●	ترجمه‌ی دو چکیده مقاله از مجله: - مجله: Journal of Iron and Steel Research, International Volume 22, Issue 7, Pages 557-656 (July 2015)	●	۳۰
●	معرفی کتاب	●	۳۱
●	سمینارهای بین المللی	●	۳۲
●	سمینارهای داخلی	●	۳۳
●	دانشتنی های فولاد نوآوری در صنعت فولاد ترکیه (ترجمه: محمدحسین نشاطی) ارزیابی تولید چدن مذاب جهان و ایران در سال ۲۰۱۴ (مهندس محمد حسن جولازاده)	●	۳۴
●	مصاحبه مصاحبه‌ای با قائم مقام مدیر عامل شرکت فولاد ناب تبریز	●	۴۲
●	برگزاری دوره های آموزشی انجمن آهن و فولاد ایران	●	۴۵
●	انتشارات آهن و فولاد	●	۵۱
●	فرم درخواست عضویت حقیقی و حقوقی در انجمن آهن و فولاد ایران	●	۵۳
●	فراخوان مقاله برای مجله بین المللی انجمن آهن و فولاد ایران	●	۵۴
●	دستورالعمل تهیه مقالات به زبان انگلیسی جهت مجله بین المللی علمی - پژوهشی انجمن آهن و فولاد ایران	●	۵۵
●	راهنمای اشتراک فصلنامه پیام فولاد	●	۵۸
●	تعرفه آگهی در فصلنامه پیام فولاد	●	۵۹
●	دستورالعمل تهیه مقاله برای فصلنامه پیام فولاد	●	۶۰

سخن سردبیر

سر مقاله

شماره کنونی پیام فولاد که هم اکنون در اختیار شما می‌باشد، یک مقاله نسبتاً مفصل در رابطه با جدایش ماکرو در شمش‌های فولاد دارد که در این مقاله با توجه به اهمیت این جدایش در شمش‌ها و تأثیر آن بر خواص شمش حاصل، قابلیت کاربرد مدل‌سازی و روش‌های تعیین ویژگی این جدایش‌ها را بحث می‌کند. همچنین مبحثی در رابطه با نوآوری در صنعت فولاد ترکیه نیز تهیه شده که امیدوارم این مطالب به‌مراه موضوعات دیگر این شماره از مجله مورد استفاده همکاران در صنعت فولاد و در دانشگاه‌ها قرار گیرد.

دکتر حسین ادريس
مدیرمسئول و سردبیر فصلنامه پیام فولاد

جدایش ماکرو در شمش‌های فولاد:

قابلیت کاربرد مدل‌سازی و روش‌های تعیین ویژگی^۱

ترجمه: محمدحسین نشاطی

شرکت فولاد آلیاژی ایران

چکیده

که مواد بایستی حرکت کنند عملاً غیرممکن است. تقریباً تمام انواع جدایش ماکرو برای تولیدکنندگان نامطلوب است زیرا تغییرات شیمیایی می‌تواند به تغییرپذیری ریزساختاری و خواص مکانیکی منجر شود. بنابراین علاقه زیادی به پیش‌بینی و حذف جدایش ماکرو در محصولات ریخته‌گری وجود داشته، و هنوز هم وجود دارد.

درست است که اکنون اکثریت بسیار زیادی از فولاد جهان با ریخته‌گری پیوسته تولید می‌شود، اما ریخته‌گری شمش^۲ هنوز هم برای تولید قطعات صنعتی سنگین که شامل تک قطعه بزرگ بر هزینه، همچون مخازن تحت فشار مورد نیاز برای تولید برق می‌باشند مورد نیاز است. اثرات جدایش ماکرو در چنین کاربردهایی اهمیت حیاتی دارد، و توانایی برای پیش‌بینی شدت و محل جدایش بسیار مطلوب است. این مقاله تکامل روش‌های پیش‌بینی کننده جدایش ماکرو را مرور می‌کند، همچنین عملی بودن استفاده امروزه از آن‌ها در محیط صنعتی ارزیابی می‌نماید، و عوامل اصلی محدودکننده اثربخشی آن‌ها را نشان می‌دهد. روش‌هایی که می‌توانند برای اندازه‌گیری جدایش و ساختار شمش در مقیاس ماکرو مورد استفاده گیرند نیز به طور خلاصه مورد بحث قرار خواهند گرفت.

با وجود چند دهه پژوهش در مورد پیش‌بینی و از بین بردن جدایش در مقیاس ماکروی عناصر آلیاژی در طی ریخته‌گری، همچنان این مشکل سبب نگرانی تولیدکنندگان شمش (اینکات) فولاد شده است. عیوبی همچون جدایش‌های A- هنوز هم متداول‌اند، و به طور معمول قطعاتی به دلیل وجود آن‌ها قراضه شده، به افزایش هزینه‌های اقتصادی و زیست محیطی منجر می‌گردند. با رشد صنعت انرژی و افزایش تقاضا برای مخازن تحت فشار جدید، اکنون اهمیت یکنواختی شیمیایی تا حد ممکن شمش‌های فولاد بیش از هر زمان دیگری است. این مقاله تکامل درک فعلی ما از پدیده‌های جدایش ماکرو در طی قرن بیستم را خلاصه می‌کند، و سپس به ارزیابی آخرین تحولات در زمینه مدل‌سازی جدایش ماکرو می‌پردازد. هدف این متن نشان دادن کاستی‌های استفاده از مدل‌های ماکروی معاصر در ریخته‌گری شمش فولاد و پیشنهاد جایگزین‌های عملی است. علاوه بر این، کاوشی در مورد تعیین ویژگی تجربی جدایش ماکرو انجام می‌شود و مروری بر روش‌های مختلف موجود فعلی ارائه می‌گردد.

واژه‌های کلیدی: جدایش ماکرو؛ شمش‌ها؛ ریخته‌گری؛ انجماد؛ مدل‌سازی انجماد.

۲. بررسی اجمالی پدیده جدایش ماکرو در شمش‌ها

انجام اولین آزمایش‌ها در مورد پدیده جدایش ماکرو در شمش‌های فولاد به چند دهه پیش بر می‌گردد و اگرچه شناخت ما از فرآیندها به بهبود قابل توجه جدایش منتج شده است، همان‌الگوها هنوز هم در شمش‌های ساخته شده امروزی قابل مشاهده‌اند. این جدایش‌ها که در شکل ۱ نشان داده شده‌اند شامل جدایش-A، جدایش-V و جدایش منفی در پایه شمش می‌باشند.

۱. مقدمه

در انجماد آلیاژها، مواد حل شده بین جامد و مذاب برای غنی‌سازی یا رقیق (تهی) سازی مناطق بین دندریتی توزیع می‌شوند. این امر به طور طبیعی به تغییرات در ترکیب در مقیاس میکرومتر، یعنی جدایش میکرو منجر می‌شود. اما، جدایش ماکرو، به تغییرات شیمیایی در کل طول در مقیاسی نزدیک به ابعاد قطعه ریخته‌گری مربوط می‌شود، که برای شمش‌های بزرگ ممکن است در مقیاس سانتی متر یا متر باشد. جدایش میکرو را می‌توان با عملیات حرارتی همگن‌سازی برطرف کرد، اما برطرف کردن جدایش ماکرو با توجه به فاصله‌ای

۱- این متن ترجمه‌ی کاملی از مقاله زیر است:

E. J. Pickering, Macroseggregation in Steel Ingots: The Applicability of Modelling and Characterisation Techniques, ISIJ International, Vol. 53 (2013), No. 6, pp. 935-949.

² Ingot casting

- جریان‌های جابجائی ناشی از شیب تغییرات (گرادیان) چگالی به علت تغییرات دما و ترکیب در مایع، شکل ۲(a). مشارکت شناوری حرارتی و محلولی بسته به اینکه آیا موارد دما و غلظت موضعی باعث افزایش یا کاهش چگالی مایع شوند می‌توانند به یکدیگر کمک یا با هم مقابله کنند. جابجائی ناشی از عمل توأم گرما و مواد حل شده جابجائی ترمومحلولی^۱ نامیده می‌شود.

- حرکت دانه‌های هم محور و یا تکه‌های جامد که یا به صورت ناهمگن در مذاب جوانه‌زنی کرده‌اند، از دندریت‌ها به علت ذوب شدن مجدد/ تنش جدا می‌شوند، یا از دیواره قالب پس از بارریزی جدا شده‌اند، شکل ۲(b). دانه‌های هم محور در فولادها چگالتر از مایع اطراف خود می‌باشند و از این رو تمایل به فرونشینی خواهند داشت. این مکانیزم، همراه با جریان جابجائی سیال، فرآیند غالب جدایش ماکرو در شمش‌های بزرگ است.

- جریان ناشی از انقباض انجماد و انقباض حرارتی مذاب و جامد در هنگام سرد شدن، شکل ۲(c).

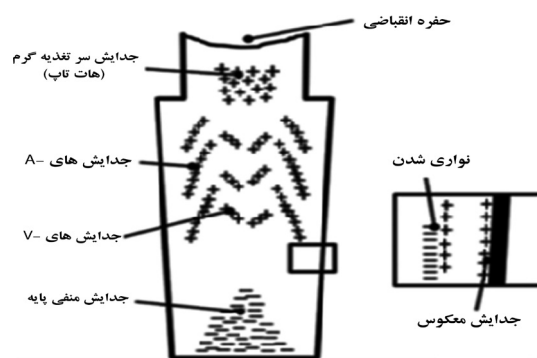
- تغییر شکل شبکه جامد به علت تنش‌های حرارتی، تنش‌های انقباضی و ارتفاع متالوستاتیک (یعنی، فشار تأمین شده توسط فلز مذاب بالای آن)، شکل ۲(d).

- جریان‌های اعمالی ناشی از بارریزی، اعمال میدان مغناطیسی، همزدن، چرخش و غیره.

تأثیر متقابل پیچیده بین این مکانیزم‌ها مدل‌سازی دقیق پدیده جدایش ماکرو را که اغلب شامل عملیات پیچیده ریاضی است به چالش دشواری تبدیل می‌کند. بنابراین، قبل از بحث در مورد چنین مدل‌هایی، توضیحاتی کیفی در مورد اینکه چگونه این مکانیزم‌ها به عیوب جدایش ماکرو منجر می‌شوند در زیر آورده می‌شود.

۲.۱. جدایش A-

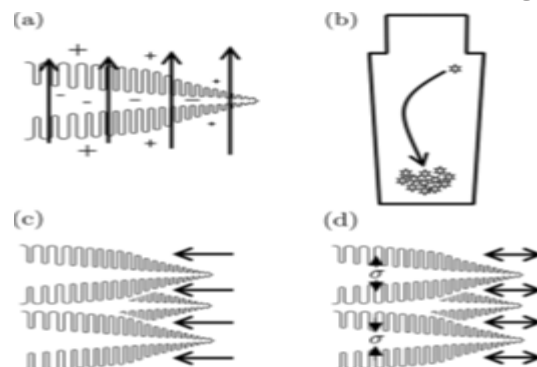
جدایش‌های A- ناشی از مایع بین دندریتی غنی از مواد حل شده از طریق جابجائی ترمومحلولی می‌باشند. آن‌ها در ریزساختار نهائی منجمد شده به صورت کانال‌های جامد غنی شده، اغلب با ترکیب نزدیک به یوتکتیک مشخص می‌شوند. مکانیزم تشکیل آن‌ها را می‌توان به شرح زیر توضیح داد: در فولادها مایع بین دندریتی غنی شده اغلب چگالی کمتری از توده مذاب دارد، و از این رو تمایل به بالارفتن خواهد داشت. چون مایع به سمت توده مذاب و بالای شمش حرکت می‌کند دمای آن افزایش خواهد یافت، اما ترکیب آن به دلیل نفوذ^۲ آهسته تقریباً ثابت خواهد ماند. آنگاه این مایع



شکل ۱. طرحی از انواع مختلف جدایش ماکرو که می‌توان در شمش‌های بزرگ یافت. جدایش مثبت با نماد + (مناطق غنی از مواد حل شده) و جدایش منفی با نماد - (مناطق رقیق (تهی) شده) نشان داده شده است. ارقام مشابهی را می‌توان در دیگر گزارش‌های جدایش ماکرو نیز پیدا کرد.

تا اواسط دهه ۱۹۶۰، باور تعدادی از مؤلفین بر این بود که تجمع مواد حل شده در نوک جبهه جامد در حال پیشروی علت اساسی حاکم بر پدیده‌های جدایش ماکرو در شمش‌ها است. اما، از آن زمان اشتباه بودن این فرض توسط تحقیقات نظری و تجربی متعددی نشان داده شده است. اکنون به خوبی معلوم شده است که اکثر مواد حل شده از دندریت در حال رشد به صورت یک طرفه پس زده می‌شوند، منطقه خمیری را غنی می‌کند و ایجاد رسوب در جبهه نوک دندریت از این لحاظ ناچیز است (لایه مرزی دارای ضخامت در محدوده D/v می‌باشد، که برای انجماد شمش ممکن است تنها تقریباً 10^{-5} متر باشد).

همه انواع جدایش ماکرو از مکانیزم پایه یکسانی نشأت می‌گیرند: انتقال جرم در طی انجماد. حرکت مذاب غنی شده و جامد رقیق (تهی) شده، از طریق تعدادی از فرآیندها می‌تواند رخ دهد (شکل ۲):

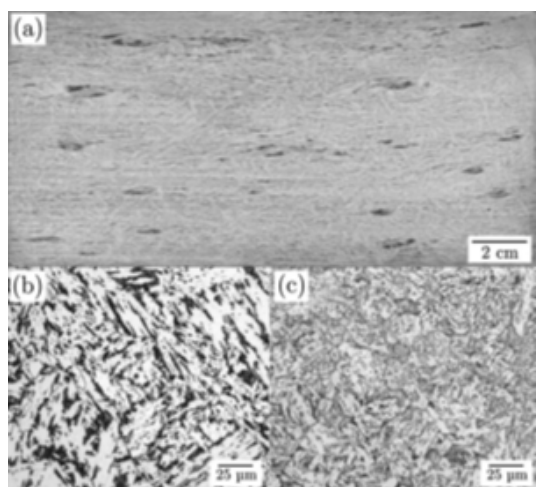


شکل ۲. طرحی از فرآیندهایی که منتج به انتقال جرم در طی انجماد شمش می‌شوند. (a) جریان جابجائی در مایع بی دندریتی (نماد+ غنی سازی مواد حل شده، و نماد - رقیق سازی را نشان می‌دهند)، (b) ته‌نشینی دانه (به طور کلی تر حرکت جامد)، (c) جریان مایع برای تغذیه انقباض انجماد و (d) تغییر شکل منطقه خمیری. توجه شود که جامد ستونی در (a) و (c) از دیواره قالب رشد کرده است.

¹Thermosolutal

²Diffusion

جدایش A- از نگرانی‌های خاص تولیدکنندگان مخازن تحت فشار مورد نیاز برای تولید برق است. چنین مخازنی با برداشتن مغزه شمش پس از ریخته‌گری برای ایجاد پوسته‌ای، که سپس آهن‌گری و تا شکل نهائی ماشینکاری می‌شود ساخته می‌شوند. پس از آن ممکن است جوشکاری برای اتصال نازل‌ها یا مقاطع انتهائی انجام شود، و یک نگرانی وجود دارد که جدایش‌های A- بتوانند با این جوش‌ها برخورد کنند. مواد غنی شده در جدایش‌های A- معمولاً با افزایش سختی و کاهش چقرمگی نسبت به توده درونی شمش همراهند، که می‌توانند به کاهش سلامت جوش منجر شوند. شکل ۳(a) جدایش‌های A- موجود در مواد برداشته شده از یک شمش فولاد کم آلیاژ (۰/۲ C-۰/۳ Mn-۰/۷ Ni-۰/۵ Mo) پس از آهن‌گری را نشان می‌دهد. شکل‌های ۳(a) و ۳(b) تفاوت در ریزساختار را پس از سرد کردن آهسته از دمای آستنیت در ۹۴۰ درجه سانتی‌گراد در $0.1^{\circ}\text{CS}^{-1}$ نشان می‌دهد؛ سختی مواد جدایش کرده مثبت تقریباً ۲ HV_{0.05} بالاتر از مواد توده درونی شمش در این حالت تمپر نشده بود.



شکل ۳. (a) صفحه فولاد کم آلیاژی برداشته شده از شمش آهن‌گری شده، ماکرو اچ شده در اسید نیتریک ۵٪. جدایش‌های A- (در مقطع) به صورت اشکال بیضی گون مواد تیره رنگ مشاهده می‌شوند؛ بقایای بازوهای اولیه دندردیت نیز به صورت نوارهای اچ شده روشن دیده می‌شوند. خط عمود بر صفحه هم محور با محور عمودی شمش می‌باشد. (b) و (c) اثر بر ریزساختار سرد شدن آهسته از آستنیت کردن در ۹۴۰ °C در $0.1^{\circ}\text{CS}^{-1}$ را نشان می‌دهند. توده مواد در (b) ساختار فریت ویدمن اشتان را نشان می‌دهد، در حالی که مواد غنی شده در (c) مخلوطی از بینیت، آستنیت باقیمانده و مارتنزیت است. هر دو در نایتال ۲٪ اچ شده و با میکروسکوپ نوری تصویربرداری شده‌اند.

¹ Freckles

² Mushy zone

داغ‌تر غنی شده باعث تأخیر رشد یا ذوب شدن مجدد جامد اطراف آن می‌شود، کانال‌های پایدار غنی از مواد حل شده ایجاد می‌کند. جدایش‌های A- در زمانی که در قطعات ریخته‌گری با انجماد جهت‌دار (هنگامی که مذاب از زیر سرد می‌شود، برای مثال در طی ریخته‌گری پره‌های توربین تک کریستال سوپرآلیاژهای بر پایه نیکل) بوجود می‌آیند معمولاً جدایش‌های کانالی یا کک و مک (فرکل^۱) نیز نامیده می‌شوند. شیوع جدایش A- شاید سبب انجام بیشترین تحقیقات در مورد تمام پدیده‌های جدایش ماکرو، نه تنها در فولاد، بلکه بسیاری از سیستم‌های دیگر شده باشد. برخی از اولین مطالعاتی که اهمیت جریان سیال منطقه خمیری^۲ در جدایش ماکرو را مشخص کرد توسط صنعت فولاد ژاپن در دهه ۱۹۵۰ با تمرکز بر جدایش‌های A- انجام شد. Kawai یکی از اولین محققینی بود که تشکیل آن‌ها در شمش‌ها را به جریان ناشی از ثقل مذاب غنی از منطقه خمیری نسبت داد، در حالی که دیگران تأیید کردند که تغییرات چگالی مذاب ناشی از ترکیب اهمیت حیاتی دارد (توسط کاهش Si و افزایش میزان Mo، مشخص شد که جدایش A- را می‌توان به حداقل رساند). بعداً، Suzuki و همکاران دریافتند که جدایش‌های A- در منطقه خمیری هنگامی شروع به تشکیل می‌کنند که کسر جامد بین ۰/۳ و ۰/۳۵ باشد، و تا کسر جامد به بزرگی ۰/۷ پایدارند. نتایج مشابهی که توسط تحقیقات سیستم $\text{NH}_4\text{Cl-H}_2\text{O}$ بدست آمد، مورد علاقه محققان بود به دلیل اینکه مایع شفاف آن امکان مشاهده مستقیم منطقه خمیری در طی انجماد را فراهم می‌کرد. به خصوص تحقیقات با ارزش بر روی $\text{NH}_4\text{Cl-H}_2\text{O}$ که توسط McDonald، Hunt و Copely و همکاران انجام شدند و نشان دادند که افزایش زمان انجماد (و دامنه انجماد آلیاژ) باعث افزایش شدت جدایش کانال شده است. سیستم Pb-Sn نیز موضوع تلاش‌های تحقیقاتی قابل توجهی بوده است. Streat و Weinberg نه تنها اثرات ترکیب و چگالی مذاب در سیستم Pb-Sn، بلکه همچنین میزان ممانعت سیال در شبکه منطقه خمیری (یعنی، نفوذپذیری)، بحث شده در زیر) بر تشکیل کانال را بررسی کردند. جوانه‌زنی و ثبات جدایش‌های کانالی نیز همینطور به صورت تجربی و نظری در تعدادی از تحقیقات مورد بررسی قرار گرفته‌اند.

۲.۲. جدایش منفی پایه شمش

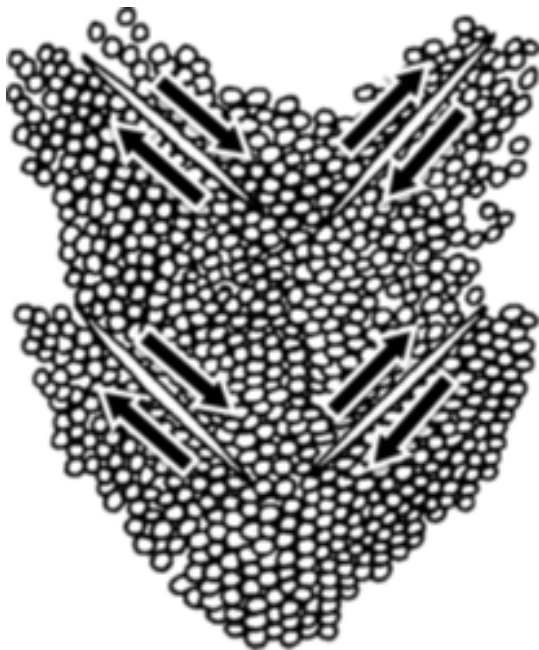
پیشنهاد شده است که جدایش منفی پایه شمش می‌تواند در شمش‌ها به علت دو فرآیند بوجود بیاید: (i) ته‌نشینی دانه‌های هم‌محور رقیق (تهی) شده از مواد حل شده (جدایش منفی) در پایه شمش تحت عمل ثقل و (ii) بالا آمدن کلی مذاب غنی از مواد حل شده. مقداری اختلاف وجود دارد بر سر اینکه کدامیک از این مکانیزم‌ها غالب است: تحقیقات اولیه توسط Marburg و دیگران، با استناد به ظاهر جدایش منفی در شمش‌ها که ظاهراً حاوی هیچ منطقه هم‌محوری نبودند، نشان دادند که جریان به سمت بالای مایع غنی شده عامل غالب است. اما در واقع به ندرت این مورد وجود دارد که شمش‌های فولاد تحت انجماد کاملاً ستونی قرار گیرند و تحقیقات مدل‌سازی اخیر تمایل به دادن اهمیت بیشتر به ته‌نشینی دانه داشته‌اند.

مشخص شده است که منطقه هم‌محور در شمش فولاد کم‌آلیاژ ممکن است به خوبی به بیش از نیمی از ارتفاع آن گسترش یابد و دانه‌های هم‌محور در نزدیکی پایه شمش شکل کروی تری از موارد یافت شده در بالاتر شمش دارند (دانه‌های کروی گردترند و چندان شاخه‌ای نیستند، دانه‌های هم‌محور قبل از دندریتی (شاخه‌ای) شدن به طور معمول به این شکل شروع به رشد می‌کنند). دانه‌های منقطع می‌توانند از طریق تعدادی از مکانیزم‌ها ایجاد شوند، شامل جوانه‌زنی ناهمگن در مذاب و جدا شدن بازوی دندریت‌ها. مکانیزم غالب معمولاً جدا شدن [بازوی دندریت] ناشی از عمل جریان‌های جابجایی یا تنش‌های انقباضی است. توجه داشته باشید که اگر چگالی مایع غنی شده بیشتر از توده مذاب درونی شمش باشد، چنانکه ممکن است، آنگاه جریان در منطقه خمیری به طور کلی به سمت پایین خواهد بود و این می‌تواند هم شدت جدایش منفی پایه شمش و هم هرگونه جدایش مثبت (غنی‌سازی) در بالای شمش را کاهش دهد.

۳.۲. جدایش V

در طی مراحل پایانی انجماد شمش مرکز قطعه ریخته‌گری معمولاً توسط شبکه‌ای از دانه‌های هم‌محور با اتصال سست پر می‌شود. تصور بر این است که جدایش‌های V به علت شکاف برداشتن این شبکه‌ها تحت عمل ارتفاع متالوستاتیک (یعنی، وزن مواد در بالای آن) و انقباض انجماد بوجود می‌آیند، شکل ۴ را ببینید، که منجر به تشکیل صفحات برشی باز می‌شود که می‌توانند با هر مذاب باقیمانده‌ای پر شوند. این مذاب

باقیمانده در طی انجماد توسط جریان جابجایی از منطقه خمیری و نیز توسط انجماد در حفره نهایی غنی خواهد شد، و انجماد آن جامد با جدایش مثبت ایجاد می‌کند. در واقع، انجماد مواد غنی شده در پایان انجماد به طور کلی جدایشی اغلب به نام جدایش مرکزی بوجود می‌آورد.



شکل ۴. طرح نشان دهنده تشکیل جدایش‌های V از طریق برش در صفحات مرجح در طی ته‌نشینی و تحت فشار قرار دادن دانه‌های هم‌محور.

با وجود اینکه جدایش V به طور مرتب مشاهده می‌شود، به طور کلی بجز از طریق مکانیزم نامبرده در بالا کاملاً هم شناخته شده نیست. بررسی‌های نظری و مدل‌های تشکیل جدایش V در شمش هنوز باید انجام شود و احتمالاً آزمایش آن‌ها چالشی است چون نیاز به دلایل پدیده‌های مشمول رسوب دانه‌های هم‌محور، تغییر شکل و جریان سیال منطقه خمیری خواهد داشت. با این وجود، فقدان کلی مطالب منتشر شده در مورد جدایش V در شمش‌ها شاید نشانی از مسئله فراتری-عدم تمایل تولیدکنندگان به این موضوع - باشد. این اغلب موردی است که مرکز شمش‌ها پس از ریخته‌گری برداشته می‌شوند (همانطور که در بالا بیان شد) یا اینکه اثرات جدایش V برای کاربردهای نهائی ناچیز است. نه تنها مدل‌سازی جدایش V چالش بزرگی است، بلکه ممکن است مفید بودن آن اثبات نشود.

۴.۲. سایر جدایش‌ها

جدایش سر تغذیه گرم^۱، نواری شدن^۲ و جدایش معکوس نمونه‌های دیگری از عیوبی هستند که می‌توانند در طی ریخته‌گری شمش بوجود آیند. تشکیل و شدت آن‌ها، مانند بسیاری از دیگر عیوب جدایش ماکرو، به روش ریخته‌گری و اندازه شمش وابسته است، و از این رو آن‌ها همیشه هم در شمش‌های بزرگ مشاهده نمی‌شوند. جدایش سر تغذیه گرم در ارتباط با جدایش مثبت است که در زیر سر شمش‌ها به دلیل جریان مایع غنی شده از سر شمش در طی مراحل پایانی انجماد ایجاد می‌شود. اگر تغییرات کاهشی دما در سطح بالای شمش موجب انجماد شود (برای مثال، به دلیل عدم عایق بودن کافی) آنگاه یک جبهه دندرتی رو به پایین از سطح سر شمش به پیش خواهد رفت. سپس مایع سرد غنی شده از این انجماد ممکن است رو به پایین جریان یابد و مایع واقع در زیر سر شمش را غنی کند. در طی مراحل اولیه انجماد این مایع غنی شده ممکن است در کل حوضچه مذاب بزرگی پخش شود، اما در طی مراحل نهایی (هنگامی که انجماد در سر شمش بالاترین احتمال را دارد) مایع غنی شده در مرکز و بالای شمش باقی خواهد ماند.

بهبود در روش‌های عملیاتی سر تغذیه گرم، عمدتاً با انگیزه نیاز به کاهش تخلخل شمش، به کاهش میزان جدایش سر تغذیه گرم در شمش‌ریزی مدرن منتج گردیده است. قابل توجه اینکه جدایش سر تغذیه گرم تشریح شده در اینجا جدای از جدایش مثبت است که به طور کلی اغلب در بالای شمش‌های فولاد مشاهده می‌گردد که به دلیل حرکت مایع غنی شده به سمت بالا تشکیل می‌شود.

مشخص شده است که نوارهای جدایش (یعنی، نواری شدن) ناشی از تغییرات ناگهانی در پروفیل دما در سراسر منطقه خمیری در طی مراحل اولیه انجماد می‌باشند، که ممکن است به علت پالس‌های حرارتی از جابجایی یا تغییرات در انتقال حرارت ناشی از تشکیل شکاف هوایی (یعنی، جریان حرارت ناپایدار) باشد. اگر شمش از قالب آزاد شود، نوارهای غنی از مواد حل شده می‌توانند به دلیل ذوب مجدد جامد و گسترش منطقه خمیری تشکیل شوند. تغییرات در شرایطی که منتج به شتاب خط همدمای (ایزوترم) لیکوئیدوس به سمت مرکز شمش می‌شود نیز نتیجه مشابهی را خواهد داد. نوارهای فقیر از مواد حل شده هنگامی تشکیل می‌شوند که اندازه منطقه خمیری کم شود.

منظور از جدایش معکوس جدایش مثبتی است که می‌تواند به طور مستقیم در مجاورت دیواره سرد قالب بوجود آید. این جدایش

به علت حرکت سیال غنی شده بین دندرتی به سمت دیواره برای تغذیه انقباض انجماد در مراحل اولیه انجماد ایجاد می‌شود. اثرات آن بعداً در فرآیند ریخته‌گری به دلیل حاکمیت جریان با محرک شناوری بر انتقال جرم مشاهده نمی‌شود. جدایش معکوس بیشتر در ریخته‌گری مستقیم در قالب فلزی (DC^۳) آلیاژهای آلومینیم یافت شده است، اما اهمیت آن در ریخته‌گری شمش فولاد احتمالاً کم است و یافتن تحقیقاتی در مورد این موضوع دشوار است.

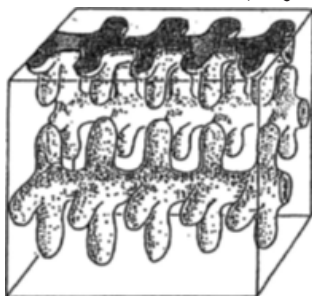
۳. مدل‌سازی جدایش ماکرو

۳.۱. Flemings و همکاران

اولین بار مدل‌سازی جدایش ماکرو توسط Flemings و همکاران در اواخر دهه ۱۹۶۰ انجام شده است. آن‌ها با در نظر گرفتن اثر جریان سیال ناشی از انقباض انجماد به تنهایی، یعنی، اختلاف چگالی بین جامد و مایع شروع کردند و معادله توزیع مجدد موضعی مواد حل شده (LSRE^۴) را تدوین کردند که اکنون برای مدل‌سازان جدایش ماکرو بسیار آشناست:

$$\frac{df_l}{dC_l} = \left(\frac{1-\beta}{1-k} \right) \left(1 + \frac{v \cdot \nabla T}{\partial T / \partial t} \right) \frac{f_l}{C_l} \quad (1)$$

که در آن C_l غلظت مایع بر حسب درصد وزنی، $f_l = (\rho_s - \rho_l) / \rho_s$ انقباض انجماد، f_l کسر حجمی مایع، k نسبت توزیع تعادلی، T دما و t زمان می‌باشند. این اولین بررسی برای پیدا کردن علت اثر جریان‌های ماکروسکوپی مایع بر توزیع مجدد مواد حل شده بود. این عبارت توسط بقای جرم و مواد حل شده در یک المان (جزء) حجمی از منطقه خمیری، شکل ۵ را ببینید و فرض اینکه انتقال جرم فقط به دلیل جریان مایع (نه نفوذ) باشد و اینکه جامد ساکن و چگالی آن ثابت باشد - عدم امکان تشکیل حفره - بدست آمد.



شکل ۵. طرحی از المان حجم در منطقه خمیری در نظر گرفته در هنگام تدوین معادلات بقا. بر اساس شکل ۲ در کار Flemings.

¹ Hot-top

² Banding

³ Direct chill

⁴ Local Solute Redistribution Equation

محرك شناوری می‌توانند به تشکیل جدایش‌های A-منجر شوند. اگر معادله LSRE ساده (۱) به صورت لحظه‌ای در نظر گرفته شود، با منظور داشتن اینکه $\nabla T / (\partial T / \partial t)$ معادل سرعت همدمای R باشد، معادله (۱) را می‌توان بازنویسی کرد به صورت:

$$\frac{\partial f_i}{\partial C_i} = \left(\frac{1-\beta}{1-k} \right) \left(1 + \frac{v}{R} \right) \frac{f_{i0}}{C_i} \quad (3)$$

با بررسی این عبارت، قابل مشاهده است که ذوب مجدد موضعی (یعنی، افزایش در کسر مایع) رخ می‌دهد اگر سرعت‌های مایع در جهت حرکت خطوط همدمای بیشتر از سرعت‌های خطوط همدمای باشد (ناپایداری جریان):

$$\left| \frac{v}{R} \right| > 1 \quad (4)$$

چون $\partial f_i / \partial C_i$ مثبت می‌شود، به عبارت دیگر، حرکت مذاب غنی شده سرد شده به سمت لیکوئیدوس منتج به ذوب مجدد موضعی و تشکیل کانال‌های پایدار می‌شود. یکی از ساده سازی‌های محدودکننده در تحقیقات Mehrabian، Flemings و همکاران نیاز مدل‌های آن‌ها به ورودی گرادیان دمایی تجربی یا مفروض در منطقه خمیری است و از معادلات بقای انرژی برای پیدا کردن مقادیر گذرا استفاده نمی‌کنند. علاوه بر این، با وجود منظور کردن اثرات غلظت مواد حل شده و دما بر شناوری مایع، دو پارامتر همیشه بهم وابستگی دارند (ترکیب مایع توسط نمودار فاز در یک دمای مفروض تعیین می‌شود) و پروفیل‌های آن‌ها توسط اعمال بخش مربوط به دما تثبیت شد. آن‌ها همچنین از جریان سیال در توده مایع و جریان‌های همراه بین مناطق توده مایع و مناطق خمیری صرفه‌نظر کردند. این نحوه تا زمان توسعه مدل‌های چند دامنه و بعداً مدل‌های پیوسته، در دهه ۱۹۸۰، که ساده سازی به تدریج برداشته شد، وجود نداشت.

۲.۳. مدل‌های چند دامنه

در مدل‌های چند دامنه معادلات بقا برای جرم، مواد حل شده، ممنتوم و انرژی برای هر منطقه (مایع، خمیری و جامد) توسعه یافتند و در سراسر مرزهای متحرک بین آن‌ها تلفیق شدند. به عنوان مثال، ممنتوم سیال در توده مایع به طور معمول توسط معادلات ناویر-استوکس برای جریان جابجائی آرام توصیف می‌شود، در حالی که در منطقه خمیری از قانون Darcy استفاده می‌شود. یکی از اولین تلاش‌ها برای پیش‌بینی حوزه دمایی منطقه خمیری گذرا توسط تلفیق معادلات انرژی و ممنتوم از طریق یک مدل چند دامنه توسعه یافته توسط Fujii و همکاران انجام شد. آن‌ها جدایش ماکرو در یک

با سرعت جریان بین دندریتی صفر و بدون انقباض، معادله (۱) به معادله مشهور Scheil کاهش می‌یابد. این موضوع همچنین در هنگامی که جریان دقیقاً به مقدار مورد نیاز برای تغذیه انقباض انجماد است نیز اتفاق می‌افتد. جدایش مثبت هنگامی ایجاد می‌شود که سرعت جریان آهسته‌تر یا در جهت مخالف جریان انقباض است، در عین حال اگر اندازه بزرگتری در همان جهت داشته باشد، آنگاه به جدایش منفی منتج می‌شود. راه حل‌های تحلیلی با فرض خطی بودن شیب (گرادیان) دما در منطقه خمیری (از این رو مقادیر کسر مایع و سرعت انجماد ثابت بودند) برای انجماد جهت‌دار با خطوط همدمای مسطح بدست آمدند. این راه‌حل‌ها برای پیش‌بینی تشکیل نوارهای غنی و فقیر از مواد حل شده در نتیجه نوسانات حرارتی و نیز برای نشان دادن تشکیل جدایش معکوس و جدایش سر تغذیه گرم مورد استفاده قرار گرفتند. تحقیقات تجربی با پشتیبانی مدل LSRE ارائه شد و بعداً به سیستم‌های سه‌تایی گسترش یافت. تحقیقات انجام شده توسط همان گروه بعداً برای لحاظ کردن اثر جریان سیال در منطقه خمیری ناشی از شناوری در مدل LSRE بسط داده شد، مقاله Mehrabian و همکاران را ببینید. تفاوت در چگالی مایع ناشی از اثرات حرارتی و محلولی هر دو مورد توجه قرار گرفتند (جابجائی ترمومحلولی)، اما به دلیل شیب دمایی در منطقه خمیری که هنوز هم تصور می‌شد (و تناسب غلظت با دما از طریق لیکوئیدوس نمودار فاز)، چگالی مایع فقط تابعی از دمای موضعی بود. به منظور محاسبه سرعت‌های جریان در منطقه خمیری در نظر گرفتن مقاومت در برابر حرکت مایع توسط شبکه دندریتی ضروری است. به این منظور، Mehrabian و همکاران از قانون Darcy برای جریان در یک محیط متخلخل برای اصلاح سرعت مایع v مطابق با وزن (جاذبه) و افت فشار در یک جزء حجمی از منطقه خمیری دندریتی استفاده کردند:

$$v = \frac{K}{\mu f_i} (\nabla p + \Delta \rho_i g) \quad (2)$$

که در آن ویسکوزیته دینامیک سیال بین دندریتی، K نفوذپذیری منطقه خمیری، p فشار و g شتاب ثقل است. تحقیقات تجربی قبلی نشان داده است که استفاده از قانون Darcy منطقی بوده است - این فقط می‌تواند برای جریان آهسته، آرام با کسر مایع یکنواخت و ثابت بکار رود. سپس این معادله با معادلات بقا برای ایجاد عبارتی برای توزیع فشار در منطقه خمیری در طی انجماد ترکیب شد، و از این رو سرعت‌های سیال محاسبه شد. با لحاظ کردن جریان با محرك چگالی، و نه فقط انقباض، Mehrabian و همکاران نشان دادند که جریان‌های با

فولاد کم آلیاژی را از طریق استفاده از LSRE اصلاح شده برای آلیاژهای چندجزئی که نفوذ کامل جامد عناصر بین نشینی^۱ (رفتار قانون اهرم) و رفتار Scheil برای عناصر جانشینی^۲ را در نظر می‌گیرند مورد بررسی قرار دادند.

نکته مهم اینکه، چگالی مایع در مدل آن‌ها تابعی از غلظت و دمای موضعی بود و دو حوزه دیگر ثابت نبودند. Ridder و همکاران برای اولین بار به آزمایش اثر جریان‌های جابجائی طبیعی در توده مایع بر جریان‌های بین دندریتی در منطقه خمیری پرداختند. آن‌ها این کار را با تلفیق معادلات برای سرعت جریان و فشار در هر دامنه در سراسر سطح تماس لیکوئیدوس انجام دادند. برای توده مایع، معادلات انرژی و ممنتوم مورد استفاده قرار گرفتند اما اثرات مواد حل شده در نظر گرفته نشدند. این بررسی با وجود مبتکرانه بودن آن در ارتباط با جریان‌های توده مذاب، دماهای منطقه خمیری را، که نیاز به معلومات قیاسی^۳ دارد پیش‌بینی نکرد. شاید اولین مدل واقعاً پیش‌بینی کننده برای انتقال انرژی و ممنتوم، که آن هم جریان‌های توده مذاب را مورد بررسی قرار می‌دهد، توسط Szekely و Jassal ارائه شده باشد. آن‌ها از عباراتی برای انرژی و ممنتوم در جامد، مناطق خمیری و توده مذاب استفاده کردند و معادلات را با استفاده از دما و سرعت در مرزهای دامنه تلفیق کردند. اما یک مشکل اصلی با روش چند دامنه، این است که نیاز به ردیابی مرزهای بین جامد، منطقه خمیری و توده مذاب دارد. انجام این کار اغلب دشوار است، به ویژه چون مرزها می‌توانند مورفولوژی‌های پیچیده‌ای را به خود بگیرند. با استفاده از مدل‌های پیوسته این مشکل برطرف می‌شود زیرا آن‌ها شامل مجموعه واحدی از معادلات به یک اندازه معتبر در جامد، منطقه خمیری و توده مذاب هستند.

۳.۳. مدل‌های پیوسته

Bennon و Incropera مناسب بودن فرمولاسیون پیوسته برای تغییر فاز مایع - جامد را در اواخر دهه ۱۹۸۰ تشخیص دادند و مدلی را برای یک سیستم دوتائی با ترکیب معادلات مرکب از طریق نظریه اختلاط ساده ایجاد کردند (برای مجموعه کامل معادلات، مقاله Bennon و Incropera را ببینید). همانطور که در فرمولاسیون پیوسته معمول است، معادلات ممنتوم (در دو بعد) بر اساس معادلات ناویر - استوکس برای جریان سیال مورد استفاده قرار گرفتند، اما با افزودن عبارت Darcian که مقاومت جامد ثابت در منطقه خمیری را لحاظ می‌کند تغییر داده شدند. مفروضات عبارت بودند از: جریان نیوتنی آرام در مایع با

ویسکوزیته ثابت، و تقریب Bossinesq، که می‌گوید که تفاوت در چگالی مایع به اندازه کافی کوچکند تا صرف نظر شوند به غیر از زمانی که آن‌ها در شتاب ثقل، g ، (تفاوت‌های اینرسی بین دو سیال صرفه‌نظر می‌شوند اما تفاوت‌های وزن لحاظ می‌شوند) ضرب می‌شوند. به پایان بردن مدل نیاز به تلفیق حوزه‌های انتالپی (دما) و مواد حل شده داشت، که با فرض تعادل اهرم قانون انجماد انجام شد. فرمولاسیون پیوسته بدان معنی است که نیاز برای حرکت شبکه عددی حذف شد و تنها شرایط مرزی مندرج شده در مدل آن‌هائی بودند که برای سطوح دامنه خارجی به کار گرفته شدند. در نتیجه، اولین پیش‌بینی‌های مستقیم عددی جدایش A- ارائه شد.

تقریباً در همان زمان، Beckermann و Viskanta مجموعه‌ای از معادلات پیوسته تقریباً همانند معادلات Bennon و Incropera اما برای شکل معادله ممنتوم توسعه دادند. اما، فرمول آن‌ها، از یک روش حجم متوسط (به طور کلی تصور می‌شود این روش سخت تر باشد) برای به دست آوردن معادلات ماکروسکوپی بقا از روابط میکروسکوپی برای هر فاز، که سپس برای ایجاد یک مجموعه از معادلات معتبر در تمام رژیم‌ها ترکیب می‌شدند استفاده کرد. راه حل مستقیم معادلات میکروسکوپی در مقیاس کوچک به دلیل شکل هندسی بسیار پیچیده سطح تماس در منطقه خمیری غیرعملی است، اما زمانی که متوسط آن‌ها در یک جزء (المان) حجم مناسب تعیین شود، مقیاس مشکل تغییر می‌کند روابط ماکروسکوپی سامان پذیری را بدست می‌دهد. برای جزئیات روش حجم متوسط و شکل فرمولاسیون حجم متوسط ماکروسکوپی، مقاله Beckermann و Viskanata را ببینید. کاوش بیشتر در مورد جنبه‌های روش حجم متوسط و مفروضات توسط Poirier، Voller، Ganesan و همکاران انجام شده است.

پس از تحقیقات پیش‌قدم ذکر شده فوق، در مطالعات بسیاری از نسخه‌های مشابه یا اصلاح شده همان معادلات پیوستگی، برای بررسی تعدادی از پدیده‌های مختلف انجماد، شامل تشکیل کانال در آلیاژهای منجمد شده جهت‌دار، و اثر کرنش‌های ناشی از تغییر فاز استفاده شد. مؤلفین بسیاری فرمولاسیون و مفروضات مدل‌های اصلی را نیز مورد بررسی قرار داده‌اند.

¹ Interstitials

² Substitutionals

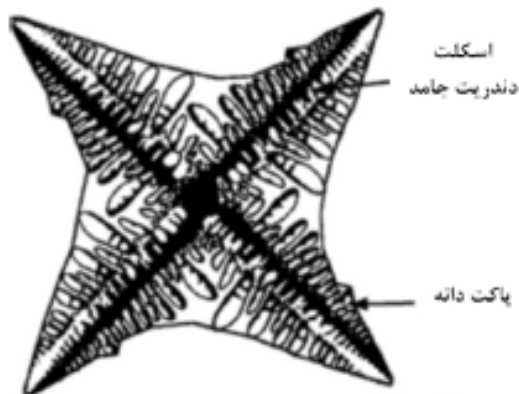
³ Priori

۳.۱.۳ مدل‌های چند-فازی

یک کمبود رویکردهای پیوسته اولیه این بود که آن‌ها در لحاظ کردن تعامل بین فازهای مایع و جامد ناموفق بودند. ویژگی‌های مهم انجماد، همانند غلظت‌های موضعی جامد، به سادگی بر روی هر دو فاز به طور متوسط لحاظ می‌شد و یا در نظر گرفته نمی‌شدند. به طور خاص، این بدان معنی است که انتقال جامد که به تشکیل جدایش منفی در پایه شمش شناخته شده قابل محاسبه نیست و نتایج مدل به طور معمول مغایر با نتایج آزمایش بود. اولین مطالعات در تلاش برای لحاظ کردن جابجایی جامد از دو رویکرد استفاده کردند. مورد اول از یک معادله ممنوم منفرد استفاده می‌کند که در آن سرعت المان حجم منطقه خمیری در مرحله معینی از انجماد یا از طریق یک تابع به طور مداوم متغیر تغییر می‌کند. روش دیگر، توسعه یافته توسط Ni و Beckermann، شامل استفاده از مدل "دو-فازی" است که در آن معادلات بقای جرم متوسط جداگانه برای فازهای جامد و مایع مورد استفاده قرار گرفت و عبارات انتقال سطح مشترک را لحاظ می‌کند. حرکت نسبی جامد و مایع (و انتقال ممنوم بین آن‌ها) با استفاده از یک مقدار ویسکوزیته مؤثر جامد، مقداری که مطابق با کسر جامد موضعی تغییر می‌کند لحاظ شد. اگر جامد ساختار پیوسته تشکیل می‌داد، ویسکوزیته جامد بی‌نهایت می‌شد - یعنی، جامد کاملاً صلب در نظر گرفته می‌شد - یا اگر جامد یک ساختار پیوسته تشکیل نمی‌داد، ویسکوزیته جامد بین صفر و بی‌نهایت بسته به ماهیت محیط جامد تغییر می‌کرد.

نقطه قوت روش دو فازی این است که اعمال روابط سرعت مایع/جامد لازم نیست و اینکه پدیده‌هایی همانند ته‌نشینی دانه‌های جامد آزاد را می‌توان مدل کرد. علاوه بر این، می‌تواند ترکیب و دمای بین سطحی مایع و جامد را پیش‌بینی کند، و همچنین می‌تواند محاسبات جوانه‌زنی و رشد دانه را لحاظ کند. Wang و Beckermann از یک مدل دو فازی برای بررسی ویژگی‌های انجماد هم محور دندریتی، از جمله ته‌نشینی دانه‌های هم محور و انتقال ستونی به هم محور (CET¹) معمولاً مشهود در شمش‌های فولاد استفاده کردند. یک ویژگی اصلی روش آن‌ها معرفی یک پاکت دانه، شکل ۶، یک سطح مجازی بود که به صورت یک مرز مصنوعی بین مایع درون دندریتی و برون دندریتی عمل می‌کرد. در سراسر سطح تماس پاکت،

معادلات میکروسکوپی توصیف کننده رشد دانه و ترکیب مایع می‌توانند به عبارات ماکروسکوپی مرتبط شوند.



شکل ۶: طرحی از دانه‌ای در برگرفته شده توسط پاکتی حاوی اسکلت جامد و مایع بین دندریتی.

۳.۲.۳ اتصال به سیستم‌های چند جزئی

اکثر فلزات تجاری سیستم‌های دوتائی ایده‌آلی نمی‌باشند، بلکه آلیاژهای چند جزئی‌ای هستند که می‌توانند مسیرهای انجماد پیچیده‌ای داشته باشند. از اواسط دهه ۱۹۹۰، مدل‌سازان جدایش ماکرو شروع به انطباق فرمولاسیون‌های پیوسته خود برای کار با سیستم‌های چند جزئی با پیچیدگی متغیر کردند. مشکلات هنگام حرکت به سیستم سه جزئی یا بیشتر که در مورد آلیاژهای دوتایی یافت نشد بروز می‌کنند. یک دمای لیکوئیدوس معین از طریق بیش از یک ترکیب آلیاژی قابل حصول است و تغییرات قابل توجهی در ضرایب توزیع و شیب لیکوئیدوس می‌تواند رخ دهد. Schneider و Beckermann جامع‌ترین مدل اولیه دو فازی چند جزئی را ارائه کردند و آن را برای یک شمش فولاد کم آلیاژی بکار بردند. آن‌ها معادلات بقای هر نوع ماده در مایع و جامد را برای هر جزء سیستم حل کردند، و معادلات بقای انرژی و هر نوع ماده را از طریق الزامات تعادل ترمودینامیکی در سطح تماس جامد/مایع در جامد تلفیق کردند. مدل به توزیع اهرمی یا توزیع Scheil محدود نشد، اما میزان متغیر نفوذ حالت جامد را در نظر گرفت. این موضوع بعداً برای تشکیل کک و مک در تولید سوپر آلیاژهای پایه نیکل در یکی از اولین مطالعات انجام شده در سه بعد بکار گرفته شد. سایر روش‌های چند جزئی توسط Vannier و همکاران و Krane و Incropera، ارائه شدند، اما به طور گسترده‌ای مورد استفاده قرار نگرفتند.

¹ Columnar-to-equiaxed

۳.۳.۳. تحولات قرن ۲۱

به دنبال مدل‌های دو فازي پیشقدم Beckermann و همکاران، مطالعات بسیاری در دهه گذشته بر ایجاد، رشد و حرکت دانه‌های هم محور در مذاب‌های در حال جابجائی، و به ویژه CET تمرکز کرده‌اند. Beckermann نیاز به چنین پژوهشی را در سال ۲۰۰۰ نمایان ساخت، و مطمئناً این موردی کلیدی برای پیش‌بینی جدایش منفی پایه شمش‌هاست. می‌توان تصور کرد که چنین مدل‌هایی یک نقطه شروع ضروری برای پیش‌بینی جدایش V- نیز می‌باشند و برای پیش‌بینی محل جدایش‌های A (جدایش-A در مناطق هم محور یافت نمی‌شود) مفید می‌باشند.

تحقیقات در طول قرن ۲۱ تاکنون شامل اتصال مدل‌های دو فازي برای مثال جهت بررسی رفتارهای مختلف دانه‌های کروی و دندریتی هم محور و نیز ایجاد فرمولاسیون جدید، همانند فرآوری سه فازي Ludwig, Wu و همکاران بودند (فازها عبارت بودند از: ستونی جامد ساکن، هم محور جامد و مذاب اولیه). Martorano و همکاران عملی بودن معیار CET را بر اساس توقف انجماد ستونی توسط بخش مواد حل شده جبهه جلویی در حال رشد دانه‌های هم محور (به اصطلاح "انسداد-نرم") مورد بررسی قرار دادند. این با معیار کلاسیک انسداد مکانیکی، که در آن دانه‌های هم محور جلوی جبهه ستونی به صورت فیزیکی مانع پیشرفت آن می‌شوند مقایسه شد.

گروه Ludwig, Wu و همکاران بعداً به طرف ایده‌های دو مدل قبلی انجماد هم محور با استفاده از روش دو فازي برای محاسبه سرعت‌های به اصطلاح "فازهای هیدرودینامیک"، در عین حال پیدا کردن راه حل برای انتقال جرم و مواد حل شده در کل مناطق سه فاز، به اصطلاح "فازهای ترمودینامیکی" جلب شدند. مذاب بین دندریتی و دندریتهای جامد، محصور در یک پاکت دانه، به صورت یک فاز هیدرودینامیکی با سرعت یکسان در نظر گرفته شدند، با سایر موارد که مذاب برون دندریتی می‌باشند. سه منطقه فاز ترمودینامیکی متمایز دندریتهای جامد، مذاب بین دندریتی و مذاب برون دندریتی بودند. این مدل سپس به انجماد مخلوط ستونی- هم محور گسترش یافت که نیاز به پنج منطقه فاز ترمودینامیکی دارد: دندریتهای جامد در دانه‌های هم محور، مذاب بین دندریتی بین دندریتهای هم محور، دندریتهای جامد در

منطقه ستونی، مذاب بین دندریتی بین دندریتهای ستونی و مذاب برون دندریتی و سه فاز هیدرودینامیکی (مشابه بررسی سه فاز اولیه آن‌ها).

به تازگی، Ludwig و همکاران از مدل سه فازي دوتائی اولیه خود برای محاسبه جدایش ماکرو در یک شمش فولاد ۲،۴۵ تن استفاده کرده‌اند. هنگام مقایسه با نتایج و اندازه‌گیری‌های تجربی مدل دو فازي، مشخص شد نتایج حاصل از شبیه‌سازی‌های دو و سه فازي به طور قابل توجهی متفاوت بودند و مورد ساده شده ستونی فقط دو فازي یافته‌های تجربی دقیق تر تکرار شده‌ای را نشان می‌دهد. نشان داده شده است که رویکرد سه فازي می‌تواند دانه‌های هم محور بسیار زیادی را وارد کرده باشد، یا اینکه شمش آزمایشی بیشتر تحت انجماد ستونی قرار داشته است.

مطالعات دیگر در دهه گذشته یا حدود آن بهینه‌سازی روش‌های حل عددی و رویه‌های حل (متعاقب تحقیقات احمد و همکاران در سال ۱۹۹۸) و همچنین درج تنش‌های مکانیکی در شبیه‌سازی‌ها را بررسی کرده‌اند. اما، یک کار تحقیقاتی قابل توجه، با استفاده از شبیه‌سازی‌های بسیار ساده شده دوتایی تک فاز انجام شده است. این به دلیل پیچیدگی‌ها و زمان‌های محاسبات بیش از حد مرتبط با شبیه‌سازی‌های چند فازي بزرگ تقریباً قطعی است، چنانکه در بخش زیر مورد بحث قرار خواهد گرفت.

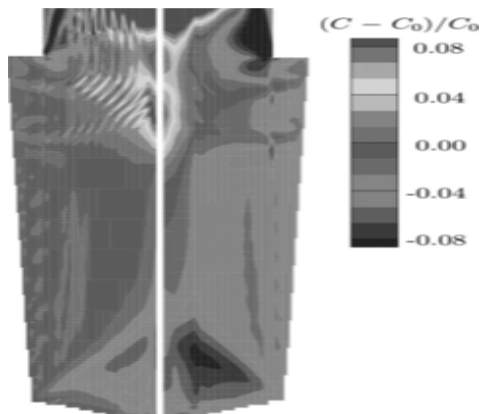
۴. کاستی‌های مدل ماکرو

به نظر می‌رسد یک اجماع عمومی میان مدل‌سازان ماکرو وجود دارد که تکیه بر حتی بهترین مدل‌های جدایش ماکروی ریخته‌گری شمش برای نتایج کمی عاقلانه نمی‌باشد و این که روندهای اصلی اغلب به صورت قابل اعتماد به خصوص در کدهای تجاری پیش‌بینی نمی‌شوند. به نظر می‌رسد دلایل این ناشی از دو منبع باشد: نیازهای محاسباتی ماکرو مدل‌های پیچیده (که به نوبه خود محدودیت‌ها و مصالحه‌هایی را به مدل تحمیل می‌کند)، و عدم قطعیت‌های مرتبط با پارامترهای ورودی و مدل‌های کمکی.

۴.۱. الزامات محاسباتی

در سال ۱۹۹۹، Gu و Beckermann از مدل دو فازي چند جزئی Beckermann و Schneider برای پیش‌بینی الگوهای جدایش

ویژگی‌های معینی همانند جدایش‌های A، حل نمی‌شوند و تغییرات می‌تواند به طور قابل توجهی بر الگوهای محاسبه شده جدایش تأثیر بگذارد، به شکل ۷ نگاه کنید.



شکل ۷. اثر تراکم شبکه بر جدایش ماکرو کربن پیش‌بینی شده برای یک شمش. مدل با استفاده از فاز جامد ثابت. چپ: شبکه ریز. راست: شبکه درشت.

برای حل مسئله جدایش‌های کانالی، نیاز است اندازه مش کوچکتر از عرض کانال باشد (معمولاً در محدوده چند میلیمتر) و نیاز است حتی کمتر باشد اگر نتایج مستقل از مش باشند. استفاده از تعداد زیادی ساده‌سازی نیز می‌تواند به شدت بر توان پیش‌بینی مدل تأثیر بگذارد. بسته‌های نرم‌افزاری تجاری اغلب مرتکب انجام ساده‌سازی قابل توجهی به منظور ارائه زمان محاسبات معقول در یک محیط صنعتی می‌شوند و در نتیجه از پدیده‌های اصلی جدایش ماکرو همانند ته‌نشینی دانه‌های هم محور صرفه‌نظر می‌کنند. در نتیجه، به نظر می‌رسد نتایج آن‌ها اغلب بینش پیش‌بینی‌کننده اندکی را ارائه می‌کند.

۲.۴. پارامترهای ورودی و مدل‌های کمکی

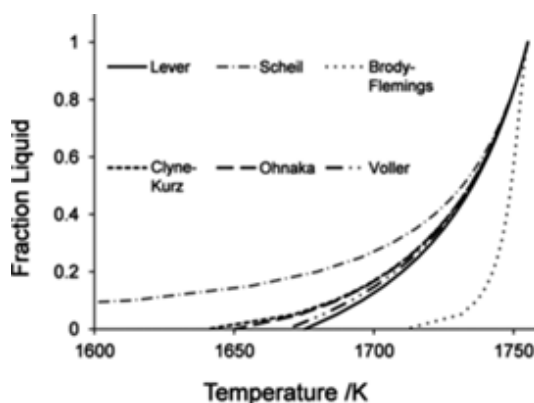
مسئله دیگری که همچنان آفت مدل‌های جدایش ماکرو می‌باشد وابستگی آن‌ها به پارامترهای ورودی و مدل‌های کمکی گنجانده شده در آن‌هاست، که خود موضوعات تحقیق و توسعه می‌باشند. مثال‌های نمونه‌وار از پارامترهای ورودی عبارتند از: ضرایب تغییر تراکم، ضرایب توزیع، شیب‌های دامنه لیکوئیدوس، رسانایی، فاصله بازوهای دندریت، ظرفیت حرارتی، گرمای نهان و تراکم جوانه‌های دانه‌های هم محور. مشخص شده است که تغییرات جزئی در چنین مقادیری بر

ماکرو در یک شمش تجاری بزرگ مکعب مستطیل با وزن ۶۵ تن و با ابعاد $1/016 \text{ m} * 2/083 * 2/819$ استفاده کردند. اما، مشخص شد که، به منظور پیش‌بینی جدایش‌های A، زمان محاسبات برای اندازه مش مورد نیاز، با وجود کوچک کردن شکل هندسی مورد استفاده به صورت ممانعت‌کننده‌ای طولانی (سال‌ها) است. در رابطه با این مشکل، یک سال بعد Beckermann پیش‌بینی کرد که مدل‌های ماکرو شامل ایجاد رشد و رسوب کردن دانه‌های هم محور، با اندازه‌های به مقدار کافی کوچک مش برای حل الگوهای جریان در ارتباط با جدایش‌های A (یعنی، در مقیاس چند میلیمتر اندک) برای شمش‌های بزرگ حداقل در دهه آینده غیرقابل دسترس خواهد بود. امروز، حدود دوازده سال بعد، ماکرو مدل‌های مشمول حرکت دانه هم محور که به سیستم‌های دوتایی و شکل‌های هندسی کوچک محدود می‌شوند برای حل جدایش‌های A-تلاش می‌کنند و از نظر محاسباتی برای استفاده در صنعت بسیار گران هستند. با توجه به تحقیقات Voller و همکاران، مدل‌هایی که معادلات را در مقیاس نانومتری حل می‌کنند و آن‌ها را با عبارات انتقال حرارت و جرم ماکروسکوپی تلفیق می‌کنند به صورت محاسباتی حداقل تا سال ۲۰۵۰ امکان‌پذیر نخواهند بود.

خواسته‌های محاسباتی مدل‌های جدایش ماکرو اغلب مدلسازان را به کاهش حجم سیستم مدل شده، برای افزایش اندازه مش یا بکارگیری قابل توجه ساده‌سازی‌ها هدایت کرده است. این موضوع در تحقیقاتی که نظریه جدید را بکار می‌گیرند یا حساسیت مدل به پارامترهای معینی را آزمایش می‌کنند کاملاً واضح است. تحقیقات CET اشاره شده در بالا تنها از سیستم‌های دوتایی و شکل‌های هندسی کوچک استفاده کردند، و برای مثال، مدل Ludwig و همکاران، از پیش‌بینی تشکیل ترک عاجز بود. در واقع، بسیاری از مطالعات اخیر برای ارائه پیش‌بینی خود به بررسی انجام شده توسط Bennon و Incropera و Beckermann و همکاران مراجعه کرده‌اند.

کاهش اندازه سیستم مدل می‌تواند به شدت زمان را کاهش دهد و استفاده از تقارن قطعاً ضروری است، اما نتایج تنها می‌تواند با احتیاط به مشکلات بزرگتری تبدیل شود (جدایش ماکرو به طور معمول در شمش‌های کوچک بوجود نمی‌آیند، بعداً می‌بینیم). افزایش اندازه مش اغلب بدان معنی است که

نتایج مدل (اغلب به میزان قابل توجه) تأثیر می‌گذارد، و اگرچه بسته‌های نرم افزاری وجود دارد که قادر به ارائه برخی از این پارامترها در فولادها هستند، خروجی آن‌ها می‌تواند به شکل فعلی آن‌ها محدود شود (به عنوان مثال، فقط مقادیر برای انجماد تعادلی محاسبه می‌شوند) و پارامترهای معینی همانند موارد مربوط به جوانه‌زنی دانه‌های هم محور، تنها با آزمایش می‌تواند تعیین شود. واضح است این یک وضعیت ایده‌آل برای کسانی که مایل به مقایسه سریع آلیاژها هستند نمی‌باشد. عدم قطعیت مشابهی مدل‌های کمکی جدایش میکرو و نفوذپذیری را که باید برای شبیه‌سازی جدایش ماکرو عرضه شود در بر می‌گیرد.



شکل ۸. ترسیم کسر مایع نسبت به دما برای آلیاژ 0.5C-3Mn-3Ni (درصد وزنی) بدست آمده با استفاده از مدل‌های مختلف جدایش میکرو. ضرایب توزیع از نمودار فاز دوتایی به دست آمدند. هرچاکه نیاز بود، فاصله بازوی دندریت ثانویه ۷۵۰ میکرون و زمان انجماد ۵۰۰۰ ثانیه مورد استفاده قرار گرفت (برای انعکاسی از انجماد شمش‌های بزرگ). اطلاعات نفوذ از کار Fridberg و همکاران برداشته شد. توجه داشته باشید که بررسی Brody و Flemings برای زمان‌های طولانی انجماد نتایج نادرستی ارائه می‌دهد.

۴.۲.۱. مدل‌های جدایش میکرو

مدل‌های جدایش میکرو از اهمیت زیادی برای محققان جدایش ماکرو برخوردار است. این جدایش میکرو عناصر در مقیاس دندریتی است که در نهایت منجر به غنی‌سازی مایع و جابجائی در مقیاس ماکروی عناصر می‌شود. بدیهی است که نتایج متفاوتی می‌بایستی مورد انتظار باشد اگر از یک مدل جدایش ماکرو قانون اهرم تعادلی استفاده شود و آن را با مورد عملیات غیر تعادلی Scheil مقایسه کرد، اما محدوده وسیعی بین این دو مورد حد (توسط نفوذ ناقص مواد حل شده در جامد مشخص می‌شود) وجود دارد که خیلی راحت هم مدل نمی‌شود. علاوه بر این، جدایش میکرو در فولادها اغلب در این

منطقه واسط به دلیل مخلوط عناصر بین نشین و جانشین حاضر قرار می‌گیرد و دامنه زمان انجماد توسط فرآیندهای ریخته‌گری مختلف مشخص می‌شود.

پردازش‌های قابل توجه آنالیتیکی یا نیمه آنالیتیکی از مشکل توزیع مجدد این مواد حل شده توسط Brody و Flemings، Clyne و Kurz، Ohnaka و Kobayashi ارائه شده است، مدل‌های Clyne-Kurz-Ohnaka بعداً توسط Ganesan و Voller و Beckermann اصلاح شد. پروفیل‌های کسر مایع منتجه آن‌ها برای یک آلیاژ 0.5C-3Mn-3Ni (درصد وزنی) با موارد قانون اهرم استاندارد و موارد Scheil در شکل ۸ مقایسه می‌شوند، که از آن روشن است که انتخاب مدل جدایش میکرو می‌تواند به طور قابل توجهی بر رفتار انجماد پیش‌بینی شده تأثیر بگذارد. با وجود جذابیت آن‌ها از نظر سرعت محاسبه (صرفه‌نظر از بررسی Kobayashi)، این روش‌های قدری ساده شده به آسانی در مورد فولادهائی که می‌توانند عوارضی مانند تغییر فاز پریکتیک و اثرات افزودن آلیاژهای متعدد نشان دهند به کار گرفته نشده‌اند. در عوض، اغلب روش‌های تفاوت محدود^۱ برای پیش‌بینی بهتر بروز و اثرات تغییر فاز پریکتیک و سایر تغییر فازها مورد استفاده قرار گرفته‌اند. Ueshima و همکاران، شروع پریکتیک را با استفاده از روابط تجربی بر اساس غلظت‌های موضعی جامد پیش‌بینی کردند، در ضمن Howe و همکاران، "کربن معادل" را برای عناصر آلیاژی بکار گرفتند به طوری که اثر هر عنصر توزیع شده بر دمای پریکتیک در یک مدل شبه دوتایی در نظر گرفته می‌شود. اخیراً استفاده از پایگاه داده‌های ترمودینامیکی در مدل‌های جدایش میکرو فولاد متداول شده است و اثرات کینتیکی نیز در مدل‌ها گنجانیده شده است. با این وجود، افزودن چنین پیچیدگی‌ای به مدل‌های جدایش ماکرو اغلب به هزینه‌های بزرگ محاسباتی تبدیل می‌شود و در نتیجه مقداری توسعه مدل‌های سریع جدایش میکرو برای اتصال به مدل‌های ماکرو وجود داشته است. برای کسانی که به دنبال جزئیات بیشتر در مورد مدل‌های جدایش میکرو هستند، بررسی مروری Kraft و Chang نقطه شروع مفیدی است.

۴.۲.۲. مشکل نفوذپذیری

به منظور پیش‌بینی دقیق جریان سیال از طریق منطقه خمیری،

^۱ Finite-difference approaches

در مورد اتصال به ماکرو مدل‌ها، محققان به طور معمول دو روش اتخاذ کرده‌اند، یا با استفاده از یک رابطه تقریبی نفوذپذیری تکی برای همه کسرهای مایع (یعنی، یک تابع Blake-Kozeny) یا انتقال (تغییر) بین توابع بر اساس کسر مایع موضعی (اغلب رابطه Blake-Kozeny در کسر مایع کم و از یک رابطه مناسب بر اساس شبیه‌سازی کامپیوتری در کسر مایع بالا استفاده می‌شود). نتایج ماکرو مدل‌ها نشان داده‌اند که استفاده از توابع نفوذپذیری منطقه خمیری مختلف و صرفه‌نظر از آن ایزوتروپی نفوذپذیری، می‌تواند اثر قابل توجهی بر جدایش ماکرو پیش‌بینی شده، از جمله تعداد، طول و جهت جدایش‌های کانالی داشته باشد.

بررسی‌های تشریح شده در بالا تنها نفوذپذیری مناطق خمیری در طی انجماد ستونی را در نظر گرفته‌اند، ولی روشن است که بخش قابل توجهی از انجماد (و جدایش) در شمش‌های بزرگ فولاد به صورت هم محور رخ می‌دهد. Wang و همکاران نفوذپذیری ساختارهای هم محور را در اواسط دهه ۱۹۹۰ بررسی کردند و دریافته‌اند که مقاومت مایع تابعی از موارد مختلفی از جمله فاصله بازوها و تراکم دانه‌هاست، اما به نظر می‌رسد اخیراً توجه اندکی به این موضوع پیچیده شده است. روشن است که بهبود شناخت از رشد دانه و حرکت در یک مذاب در حال جابجائی تنها توان پیش‌بینی مدل‌های چند فازی را بهتر خواهد کرد.

۴.۲.۳. فاصله بازوهای دندردیت

روابط نفوذپذیری معمولاً تابعی از فاصله بازوی دندردیت اولیه و ثانویه هستند (قابل درک است، روش متداول پیدا کردن عباراتی برای جریان عمود بر بازوهای اولیه می باشد که بیشتر به فاصله بازوی ثانویه وابسته است تا مورد جریان موازی)، و این می‌تواند به عوارض بیشتر در هنگام استفاده از آن‌ها در محاسبات منجر شود. در بسیاری از آلیاژهای مختلف آهنی و غیر آهنی، فاصله بازوی اولیه و ثانویه هر دو تناسب قابل توجه با سرعت سرد کردن را نشان می‌دهند، شکل ۹ را برای فاصله بازوی ثانویه در فولاد ببینید. افزایش سرعت سرد کردن به کاهش فاصله بازوهای اولیه و ثانویه هر دو منتج می‌شود. اما با وجود این روند روشن، هنوز هم مسائل مرتبط با پیش‌بینی از فاصله بازوها وجود دارد.

نفوذپذیری آن، K ، باید معلوم شود. طبق تعریف K یک تانسور مرتبه دوم است، به طوری که بستگی به جهت جریان سیال نسبت به شکل هندسی تخلخل دارد، اما آزمایش کنندگان و ماکرومدل‌سازها معمولاً آن را ایزوتروپیک یا متشکل از فقط دو جزء فرض کرده‌اند (در جهات موازی و عمود بر بازوهای اولیه دندردیت). با این وجود، توسعه مدل‌ها برای K چالش دشواری را برای سال‌های زیادی نشان داده، و به درستی چنین است. این قویاً به عواملی مانند کسر مایع موضعی، فاصله بازوهای دندردیت و مورفولوژی‌های دندردیت بستگی دارد و از این رو نه تنها به طور مداوم در یک منطقه خمیری تغییر می‌کند، بلکه همچنین می‌تواند از یک آلیاژ به آلیاژ دیگر تغییر کند. برآورد توابع نفوذپذیری توسط تخمین شکل هندسی منطقه خمیری و با استفاده از صورت‌های خاصی از قانون Darcy، همانند مدل Hagen-Poiseuille برای جریان از طریق مجموعه‌ای از لوله‌های موئین یا مدل Blake-Kozeny (بنام مدل Carman-Kozeny نیز شناخته می‌شود) برای جریان از طریق بستر انباشته جامد. مطالعات بسیاری به دنبال بررسی تجربی این مدل‌ها بوده‌اند، اما رویکرد مشترک دیگر پیدا کردن توابعی توسط انطباق دادن مستقیم نتایج تجربی با قانون Darcy بوده است.

با کسر مایع بالا، بیش از 0.7 ، جریان دیگر نه در یک شبکه دندردیتی به هم پیوسته بلکه بین بازوهای دندردیت وجود دارد. مطالعات تجربی در این بخش با توجه به تجمع^۱ و شکنندگی دندردیت‌ها تمایل به شکست دارند، جریان در اینجا هنوز هم از اهمیت زیادی برخوردار است. برای جلوگیری از این محدودیت‌های عملی، مطالعات انجام شده توسط McCarthy، Poirier و همکاران و نیز دیگران، نفوذپذیری را با استفاده از شبیه‌سازی‌های کامپیوتری جریان موازی و عمود بر بازوهای اولیه دندردیت، اغلب از طریق حل‌کننده المان محدود^۲ ناویر-استوکس با مش‌های ایده‌آل شده و یا با آزمایش تعیین شده، پیش‌بینی کرده‌اند. بسیاری از این مطالعات از مساحت سطح ویژه (یعنی، نسبت مساحت سطح به حجم) مش دندردیت در روابط نفوذپذیری در تلاش برای دستیابی به اثر کامل‌تر مورفولوژی دندردیت استفاده می‌کنند. به صورت اساسی‌تر، برخی از مؤلفین پیشنهاد کرده‌اند که تغییراتی باید در معادلات ممنتوم برای بدست آوردن دقیق جریان‌ها در کسر مایع بالا (که قانون Darcy برای آن کافی نیست) انجام شود.

¹ Ripening

² Finite-element

جدول ۱. عبارات برای فاصله بازوی دندردیت اولیه ثانویه در فولادها. C_p غلظت عنصر i بر حسب درصد وزنی است.

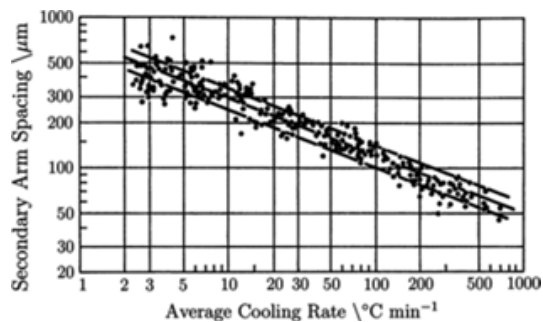
منبع	عبارات (بر حسب میکرون)	توضیح
Suzuki و مسکاران	$\lambda_2 = 146 \dot{T}^{-0.386}$	بدست آمده توسط تطبیق داده‌ها برای فولادهای کم آلیاژی داده شده در شکل ۹. معیار برای $0.14 < C_C < 0.88$
Jacobi و مسکاران	$\lambda_1 = 283 \dot{T}^{-0.49}$ $\lambda_2 = 109 \dot{T}^{-0.44}$	بدست آمده برای یک آلیاژ 1.1Mn-0.59C (درصد وزنی) (۹)
El-Bealy و مسکاران	$\lambda_1 = 279 \dot{T}^{-0.206} C_C^{0.019-0.492}$ $\lambda_2 = 109 \dot{T}^{-0.44}$	بدست آمده توسط تطبیق داده‌ها برای فولادهای مختلف کم آلیاژی. عبارت λ_1 معیار فقط برای $1.0 < C_C < 0.15$ و λ_2 معیار فقط برای $C_C < 0.53$ (۹)
Won و مسکاران	$\lambda_2 = 143 \dot{T}^{-0.362} C_C^{0.550-1.996}$	بدست آمده توسط تطبیق داده‌ها برای فولادهای مختلف کم آلیاژی. معیار فقط برای $C_C > 0.15$ (۹)
Cicutti و مسکاران	$\lambda_2 = 113 \dot{T}^{-0.38}$	بدست آمده توسط تطبیق داده‌ها از $Jemkontor$ برای $C_C = 0.15$ (۹)

(۹) سایر عبارات نیز در این مرجع برای محدوده‌های مختلف ترکیب آلیاژی آورده شده‌اند.

برای فاصله بازوی ثانویه، با وجود انطباقی که می‌توان بین روابط به دست آورد، آشکار است که این مدل‌ها واقعاً منعکس کننده رفتار پیچیده‌تر فاصله بازوی ثانویه مشاهده شده در واقعیت نیستند. معلوم شده است که فاصله بازوی ثانویه، بر خلاف فاصله بازوی اولیه، با حرکت در منطقه خمیری به دلیل درشت شدن (اثر Gibbs-Thomson) تغییر می‌کند، با کینتیکی که احتمالاً با ترکیب شیمیایی تغییر می‌کند. با در نظر گرفتن این مطلب این درشت شدن در مدل‌های جدایش میکرو و نفوذپذیری، که می‌توانند در هر مکان در منطقه خمیری اجرا شوند بسیار مهم است. روابط نظری بازوی ثانویه که درشت شدن را لحاظ می‌کنند توسعه یافته‌اند، اما آن‌ها اغلب پیچیده‌تر هستند و نیاز به پارامترهای ورودی بسیار بیشتری دارند (از این رو، آن‌ها می‌توانند نتایج بسیار متفاوت از عبارات مندرج در جدول ۱ ارائه دهند). تعدادی مدل جدایش میکرو وجود دارند که به طور مستقیم درشت شدن بازوی ثانویه را لحاظ می‌کنند، به عنوان مثال مقاله Voller و Beckermann را ببینید، اما به طور مفصل به تأثیر بر نفوذپذیری پرداخته نشده است و در مطالعات معمولاً با تقریبی از فاصله ثانویه که ثابت نگه داشته می‌شود کار می‌کنند. واضح است که تحقیق بیشتر در مورد فاصله بازوی دندردیت در فولاد مورد نیاز است. این تحقیقات همچنین ممکن است به منظور بررسی اثر جریان سیال بر فاصله بازو باشد.

۵. روش‌های ساده شده

روشن است که زمان محاسبات مورد نیاز برای مدل‌های فعلی جدایش ماکرو شمش‌های بزرگ خیلی زیاد است و نتایج متناظر برای پیش‌بینی روندهای واضح اغلب به خطا می‌روند. توسعه این ماکرو مدل‌ها هنوز هم می‌بایستی یک هدف مهم



شکل ۹. داده‌های تجربی برای فاصله بازوی ثانویه دندردیت در فولادهای تجاری حاوی ۰/۱-۰/۹ درصد وزنی C. فاصله بازوی اولیه از رابطه نمائی مشابه با سرعت سرد کردن پیروی می‌کند.

سرعت سرد کردن در طی انجماد را می‌توان به صورت حاصلضرب گرادیان دما، G و سرعت رشد (همدم) R بیان کرد، و از این رو بر اساس نمودارهایی همچون شکل ۹ عبارات فاصله بازو با استفاده از یک رابطه نمائی تدوین شد:

$$\lambda = a(GR)^{-b} = a\dot{T}^{-b} \quad (5)$$

که در آن λ فاصله بازو (اندیس های ۱ و ۲ معمولاً به ترتیب برای فاصله‌های اولیه و ثانویه، اضافه می‌شوند)، a و b اعداد ثابت هستند، و \dot{T} سرعت سرد کردن موضعی است. اگرچه درست است گفته شود که در زمانی که G و R به طور مستقل تغییر کنند می‌توانند اثرات مختلفی بر فاصله بازوها داشته باشند، در شمش‌ها G و R با جریان حرارت تلفیق شده‌اند، و در این صورت آن‌ها می‌توانند در یک متغیر منفرد با یک نما ترکیب شوند. عباراتی که برای فاصله بازوی دندردیت در فولادها توسعه یافته‌اند اغلب این صورت را می‌گیرند، موارد انتخابی در جدول ۱ را ببینید. با ارزیابی این عبارات برای شرایط نمونه ریخته‌گری، به راحتی معلوم می‌شود که فاصله بازوی ثانویه به صورت منطقی خیلی خوب محاسبه شده، در حالی که فاصله بازوی اولیه، بطور قابل توجهی می‌تواند متفاوت باشد. این موضوع مشکل زاست، چون حتی تغییرات کوچک در فاصله بازو به طور قابل ملاحظه‌ای بر نتایج حاصل از مدل‌های نفوذپذیری که بر فاصله بازوی اولیه تکیه می‌کنند تأثیر خواهد گذاشت. در حال حاضر فقدان روابط فاصله بازوی اولیه که اثر عناصر آلیاژی بجز کربن را در نظر بگیرد، و نیز تأثیر بالقوه فاز انجماد اولیه (خواه فریت دلتا یا آستنیت باشد) را ارزیابی کند، وجود دارد.

۵.۱. معیار Niyama

معیار Niyama مثال خوبی از یک عملیات ساده است که به مدلسازان صنعت امکان پیش‌بینی سریع تخلخل انقباضی در شمش‌ها را می‌دهد. گرچه تخلخل موضوع این متن نیست، این بررسی مطمئناً ارزش آزمایش کردن را دارد چون نشان می‌دهد این معیار چقدر ساده می‌تواند فرموله و بکار گرفته شود. این فرمول در زیر به صورت شرایط تشکیل حفره نوشته شده است:

$$N_y = \frac{dT/dx}{\sqrt{dT/dt}} < \sqrt{\frac{c_1}{\Delta p_{crit}}} \quad (6)$$

که در آن N_y عدد Niyama، Δp_{crit} مقدار افت فشار بحرانی در سر تاسر منطقه خمیری، و c_1 عدد ثابت است. این رابطه با دستکاری ساده و انتگرالگیری از قانون Darcy در یک بعد برای پیدا کردن افت فشار ناشی از جریان ناقص انقباض بدست می‌آید. حفره‌ها در زمانی جوانه‌زنی می‌کنند که این افت فشار بیش از یک مقدار بحرانی باشد (توجه داشته باشید که این معیار تنها برای پیش‌بینی تخلخل انقباضی معتبر است و نه تخلخل‌های ناشی از گازهای حل شده). مقدار c_1 را می‌توان با انتگرالگیری بدست آورد، اما مقدار Δp_{crit} باید با آزمایش برای هر آلیاژ مشخص شود (برای فولادهای آهن-Fe-C مقدار N_y تقریباً برابر است با ۰/۷). با این وجود، حتی اگر Δp_{crit} معلوم نباشد، معیار هنوز هم توانائی نشان دادن مستعدترین مناطق به تخلخل را دارد: مقادیر Niyama به آسانی بر روی یک شکل هندسی شمش ترسیم شده و مقادیر نسبی آن‌ها مقایسه می‌شوند.

۵.۲. معیارهای Suzuki و عدد-Rayleigh

همانطور که در بالا بحث شد، جدایش‌های کانالی در فرآیندهای مختلف ریخته‌گری مشترک می‌باشند و مفید است که توانائی برای پیش‌بینی احتمال تشکیل آن‌ها در یک منطقه وجود داشته باشد، حتی اگر محل دقیق آن‌ها را نتوان تعیین کرد. تعداد معیارها برای پیش‌بینی جدایش‌های A-را می‌توان در مطالب منتشر شده پیدا کرد، بیشتر آن‌ها در ارتباط با تشکیل کک و مک در آلیاژهای پایه نیکل می‌باشند، و به طور معمول مقداری تابع گرادیان حرارتی، G، و سرعت همدم، R، هستند:

$$G^d R^e \leq f \quad (7)$$

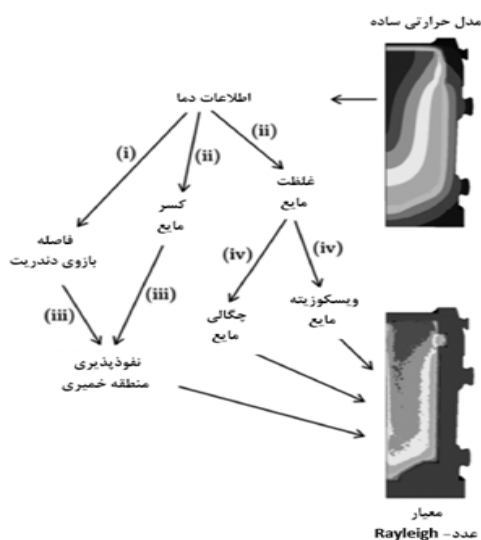
¹ Sound theory

جامعه مدل‌سازی جدایش ماکرو، به ویژه در پیش‌بینی‌های ظرفیت محاسباتی بیشتر باشد، اما اکنون نیاز به روش‌های ساده شده‌ای وجود دارد که بتوانند به سرعت اجرا شوند در عین حالی که هنوز هم پیش‌بینی واقع بینانه‌ای را انجام دهند. کاربران در صنعت مایل به صرف زمان طولانی اجرای یک مدل ماکرو با زمان اجرای زیاد نمی‌باشند، به خصوص اگر نتایج آن احتمالاً مفید نباشد.

نشان داده شده است که ساده‌سازی معینی در مدل‌ها می‌تواند زمان محاسبات را کاهش دهد در عین حالی که هنوز هم نتایج مشابهی را ارائه نماید- به عنوان مثال، Schneider و Beckermann نشان دادند که هرگاه تعداد اجزای سیستم فقط به آن‌هائی محدود شود که بحرانی‌ترین جدایش را کرده و تحت تأثیر شناوری قرار می‌گیرند نتایج مشابه زمانی که یک مجموعه کامل از اجزای مورد استفاده قرار گیرند بدست می‌آید. با این وجود، حتی هنگامی که آلیاژهای دوتایی در کدهای تجاری نسبتاً ساده (همانند MAGMA، THERCAST، ProCAST) مورد مطالعه قرار می‌گیرند اجرای محاسبات کامل جدایش ماکرو هنوز هم می‌تواند روزها و یا هفته‌ها در یک خوشه کوچک کامپیوتر مورد استفاده در صنعت به طول بیانجامد.

به منظور کاهش جدایش ماکرو، تولیدکنندگان اغلب قادر به تغییر تعداد پارامترهای فرآوری (یعنی، فوق‌گداز مذاب، ارتفاع مذاب، طراحی قالب) و انجام تغییرات کوچک در ترکیب آلیاژ هستند. در نتیجه، نیاز به مقایسه سریع شرایط ریخته‌گری و اثرات احتمالی آن‌ها بر جدایش ماکرو وجود دارد. این کار را با استفاده از مدل‌های معیار می‌توان انجام داد، که هر چند ساده، بر اساس نظریه صدا^۱ می‌باشند. این موارد عبارتند از معیار Niyama برای تخلخل، و عدد-Rayleigh، و معیار Suzuki برای تشکیل جدایش کانالی. ارزیابی این اعداد می‌تواند به سادگی از طریق کار با نتایج حاصل از محاسبات "صرفاً-حرارتی"، یعنی موردی که تنها حیطة مربوط به دما را محاسبه می‌کند و از جریان سیال و جدایش ماکرو صرفه‌نظر می‌کند، انجام شود. به راحتی، مشخص شده است که حیطة‌های دمای پیش‌بینی شده توسط تجزیه و تحلیل ساده انتقال حرارت تقریباً برابر با مقادیر پیش‌بینی شده در شبیه‌سازی کاملاً تلفیق شده با جدایش ماکرو است.

جزئی، g شتاب ثقل، α_T ضریب نفوذ حرارتی، و ν ویسکوزیته کینماتیک می‌باشند. با دنبال کردن تعداد کمی از مراحل، محاسبه عدد-Rayleigh می‌تواند نسبتاً سریع از نتایج حاصل از محاسبات صرفاً حرارتی انجام شود (شکل ۱۰ را ببینید).



شکل ۱۰. مسیر ممکن محاسبه عدد-Rayleigh. از نتایج شبیه سازی حرارتی ساده، (i) یک رابطه فاصله بازوی دندرت است. برای مثال، معادله ۹ در کار Rappaz و همکاران، (ii) مدل جدایش میکرو است، (iii) یک مدل نفوذپذیری است. برای مثال Blake-Kozeny بسیار یا یک عبارت تجربی، و (iv) یک بسته نرم افزار مناسب خواص مواد است - مثلاً JMatPro یا رابطه تجربی (مثلاً پارامترها و معادلات (۳) و (۷) در کار Fujii و همکاران. توجه داشته باشید که همیشه هم تمام ورودی‌های ارائه نمی‌شوند - برای نمونه اطلاعات دما به طور مستقیم همراه با غلظت‌ها به محاسبات چگالی مایع وارد می‌شود.

اما برخی مشکلات بالقوه در استفاده از معیارهای عدد-Rayleigh وجود دارد. مورد اصلی از میان آن‌ها این است که آن‌ها اغلب به شدت وابسته به مقادیر فاصله بازوهای دندرت مورد استفاده در ارزیابی \bar{K} می‌باشند. همانطور که در بالا خاطر نشان شد، مسائل قابل توجهی در ارتباط با پیش‌بینی فاصله اولیه و ثانویه بازوها وجود دارد. مسائل دیگر شامل این موارد می‌باشد: خطاهای مرتبط با مدل‌های جدایش میکرو مورد استفاده برای محاسبه $\Delta\rho_l$ و همچنین این پیشنهاد که در نظر گرفتن عدد-Rayleigh به تنهایی برای پیش‌بینی تشکیل جدایش‌های کانالی کافی نیست (پیشنهاد شده است که پایداری کانال‌ها باید از نتیجه تأثیر متقابل جریان/انجماد تعیین شود). همچنین، معیار عدد-Rayleigh تشکیل منطقه هم محور در مرکز شمش، را که در آن هیچ جدایش A- نمی‌تواند ایجاد شود لحاظ نمی‌کند (از این رو، ممکن است به خط تشکیل آن‌ها در اینجا را پیش‌بینی کند).

که در آن d ، e و f اعداد ثابت می‌باشند. تشکیل جدایش کانالی به تأثیر متقابل پیچیده تعدادی از عوامل بستگی دارد، که ممکن است جدای از G و R ، از جمله نفوذپذیری منطقه خمیری و تغییرات چگالی مایع ناشی از توزیع شدن مواد حل شده به نظر برسند. اما نشان داده شده که روابطی مانند معادله (۷) مؤثر می‌باشند چرا که بسیاری از این عوامل به طریقی به G و R بستگی دارند. برای مثال، نفوذپذیری به طور معمول تابعی از فاصله بازوهای دندرت است، و وابستگی آن‌ها به سرعت سرد کردن، \dot{T} (متن بالا را ببینید)، که حاصلضرب G و R می‌باشد معلوم شده است. برای شمش‌های فولاد استاتیک با غلظت کربن حدود ۰/۷ درصد وزنی، Miyamoto و Suzuki پی بردند که $d=1$ ، $e=2$ ، $f=8.75$ ، این "معیار Suzuki" از آن زمان در تعدادی از بسته‌های نرم افزاری تجاری استفاده شده است.

اما یک مشکل اصلی با معیار Suzuki وجود دارد، و آن این است که ثابت‌های d ، e ، و f مستقل از آلیاژ نیستند و نشان داده شده که از یک فولاد به فولاد دیگر به طور قابل توجهی متفاوت می‌باشند. برای اجرای دقیق آن، نیاز به تعیین این اعداد برای هر آلیاژ از طریق آزمایش وجود دارد، که قابلیت پیش‌بینی آن را محدود می‌کند. یک جایگزین امیدبخش برای معیارهایی همچون Suzuki، استفاده از یک معیار بر اساس عدد بدون بعد-Rayleigh می‌باشد. اعداد-Rayleigh نسبت نیروهای شناوری محرک جریان جابجایی سیال به نیروهای کندکننده اصطکاکی مهارکننده آن را اندازه‌گیری می‌کنند (به صورت کلاسیک، اگر یک عدد-Rayleigh زیر مقدار بحرانی برای یک سیال باشد، انتقال حرارت عمدتاً از طریق هدایت است، اگر بالای آن باشد، عمدتاً از طریق جابجایی است). اعداد-Rayleigh برای پیش‌بینی جدایش‌های کانالی به صراحت اثرات تغییرات چگالی مایع ناشی از جدایش و نفوذپذیری منطقه خمیری را لحاظ می‌کنند، و قبلاً به صورت موفقیت آمیزی برای کک و مک دار شدن در آلیاژهای با انجماد جهت‌دار توسعه داده شده‌اند، فرمول زیر را ببینید:

$$Ra_h = \frac{(\Delta\rho_l / \rho_0)g\bar{K}h}{\alpha_T\nu} \quad (8)$$

که در آن Ra_h مقدار میانگین عدد-Rayleigh در ارتفاع h منطقه خمیری، \bar{K} میانگین نفوذپذیری، $\Delta\rho_l / \rho_0$ تغییر چگالی

زمان سرد کردن نشان نمی‌دهند. محققان از قالب‌های ماسه‌ای و سایر طرق مصنوعی برای کمک به اعمال سرعت‌های سرد کردن شمش‌های بزرگ بر روی شمش‌های کوچک استفاده کرده‌اند، اما مقایسه‌ای بین شمش‌های کوچک با سرعت کنترل شده با شمش‌های بزرگتر متناظر آن‌ها انجام نشده است.

طیفی از فرآیندهای استاندارد برای ارزیابی کیفی شمش‌های فولاد وجود دارد، از جمله ماکرو اچ کردن و چاپ گوگرد، که به صورت جامعی توسط Vander Voort خلاصه شده‌اند. این روش‌ها بینش مفیدی را در مورد ویژگی‌های شمش که ممکن است با نتایج مدل، همچون ساختار دانه و توزیع و مورفولوژی جدایش‌ها مقایسه شوند فراهم می‌کنند. اما لازم به ذکر است، که توان روش‌های چاپ گوگرد در فولادهای مدرن تا حدی توسط میزان گوگرد کم آن‌ها کاسته شده است. ایزوتوپ‌های رادیواکتیو نیز در تحقیقات مختلف برای بررسی الگوهای جریان سیال مورد استفاده قرار گرفته‌اند. با این وجود، هدف نهایی برای مدل‌های جدایش ماکرو این است که توان انجام پیش‌بینی‌های کمی را داشته باشند. در نهایت این ترکیب شیمیایی مناطق جدایش کرده و پاسخ آن‌ها به عملیات حرارتی است که خواص مکانیکی را تعیین می‌کند.

پس از مقطع زدن، آنالیز شیمیایی کمی بر روی شمش‌ها معمولاً از طریق نمونه‌برداری با مته در آرایه ردیفی و سپس انجام آنالیز شیمیایی بر روی آن‌ها صورت گرفته است. این روش در مطالعات قبل از سال ۱۹۵۰، زمانی که روش‌های آنالیز شیمیایی تر متداول بودند و امروزه هنوز هم مورد استفاده قرار می‌گیرند در کنار سایر روش‌های مختلف آنالیز شیمیایی از قبیل آنالیز احتراقی و طیف سنجی جذب اتمی.

براده‌های فرزکاری نیز به طریقی مشابه با مواد نمونه‌برداری شده با مته برای ارزیابی جدایش مورد استفاده قرار گرفته‌اند. اما دو مشکل با این طرح مشخص وجود دارد. اول، مرحله آنالیز شیمیایی دشوار و گران است، حتی با روش‌های نسبتاً ساده مانند طیف سنجی پراش انرژی اشعه X (EDX) و میکروآنالیز الکترون پروب (EMPA). دوم، روشی که در آن نتایج مورد استفاده قرار گرفته‌اند اغلب سوال برانگیز بوده است - نمونه‌هایی از نتایج شبکه‌ای با برون‌یابی برای تهیه نقشه‌های ترسیمی وجود دارد، به عنوان مثال شکل ۱۱ را ببینید. اگرچه این روش یک دید کلی از روندهای-ماکرو ارائه می‌دهد،

ممکن است منطقاً استدلال شود که صرفاً به حداقل رساندن نیروی محرکه، $\Delta\rho$ ، هدف کافی برای جلوگیری از جدایش‌های A- خواهد بود و اینکه ارزیابی عدد-Rayleigh کامل فقط خطاهای بیشتری را از طریق لحاظ کردن عبارت نفوذپذیری وارد می‌کند. اما، این واقعیت را نادیده می‌گیرد که کاهش نیروی محرکه تا صفر در اکثر موارد به دلیل محدودیت‌های مشخصات آلیاژ عملاً غیرممکن است. آنگاه برای تولیدکنندگان شمش، معیار عدد-Rayleigh شاید بهترین روش موجود برای مقایسه سریع سناریوهای ریخته‌گری، و تغییر آن‌ها برای به حداقل رساندن تشکیل جدایش-A باشد. امید است این کار به زودی از طریق یک عدد-Rayleigh که به طور خاص برای شمش‌ها و قطعات ریخته‌گری فولادی توسعه یافته، که به طور مختصر ارائه خواهد شد امکان پذیر شود.

۶. اندازه‌گیری جدایش ماکرو در شمش‌های فولاد

اغلب در مطالب منتشر شده مدل‌سازی جدایش ماکرو نتایج بدون مقایسه با اندازه‌گیری‌های تجربی ارائه می‌شوند، یا حداقل جزئیاتی بیشتر از یک ارزیابی کیفی ارائه نمی‌شود. دلیل اصلی آن عدم کیفیت خوب داده‌های تجربی مناسب است. تعدادی مشکل در ارتباط با به دست آوردن اندازه‌گیری جدایش ماکرو و سایر مقادیر مربوطه از محصولات ریخته‌گری، شامل هزینه‌های زیاد تولید و آنالیز (به خصوص برای شمش‌های بزرگ)، فقدان مواد آزمون مناسب (آلیاژهای ایده آل دوتایی Fe-C بسیار مکرر در تحقیقات مورد استفاده قرار می‌گیرند اما به ندرت در صنعت استفاده می‌شوند) و مشکلات بسیار زیادی در ارتباط با مقطع زدن شمش‌ها و اندازه‌گیری دقیق ویژگی‌های آن‌ها وجود دارد. کاملاً واضح است نه تنها داده‌های خواص مواد قابل اطمینان‌تر و قابلیت محاسبه بیشتر مدل مورد نیاز است، بلکه همچنین نیاز بزرگی به تحقیقات درجه یک وجود دارد - اعتبارسنجی بخش بسیار بزرگی از مشکل مدل‌سازی جدایش ماکرو است.

کاهش اندازه شمش‌های مورد استفاده در تحقیقات جدایش ماکرو می‌تواند هزینه‌ها و زمان زیاد مورد نیاز برای آنالیز شمش‌های بزرگ را کم کند. اما، این کار باید با دقت انجام شود، چون شمش‌های کوچک به طور معمول جدایش ماکرو را به میزان مشابه با قطعات بزرگ ریخته‌گری به دلیل کاهش

کاربرد این روش از قبل امری عادی در مغزه برداری زمین شناسی بوده است و اگر به درستی کالیبره شود، می تواند کمی و بسیار حساس باشد. محدودیت این روش آن است که از پس اندازه گیری کربن بر نمی آید (که اغلب یک مسئله برای محققان فولاد است)، اما این احتمال وجود دارد که بتوان این مشکل را با اندازه گیری کربن در چند نقطه انتخابی و استنتاج با دقت غلظت در جایی بجز جدایش عناصر دیگر دور زد. روش های جایگزین به منظور اعتبارسنجی شامل برگرداندن شمش های آزمایشی (خارج کردن مذاب قبل از انجماد کامل و آنالیز ساختار جامد و ترکیب شیمیائی مذاب) و نمونه برداری مستقیم مذاب در طی انجماد، اما این روش ها عوارض خاص خود را دارند.

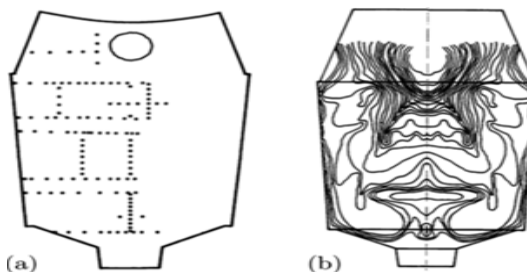
هر محققى که برای انجام یک تحقیق در مورد جدایش ماکرو برنامه ریزی می کند باید به یاد داشته باشد که نتایج کمی بدست آمده استفاده اندکی دارند اگر با داده های مناسب ریخته گری، از قبیل پروفیل های دمای قالب در طی انجماد، طراحی قالب و ترکیب شیمیائی آلیاژ همراه نباشند. اما اگر این موارد در کنار اندازه گیری های دقیق جدایش و یافته های کیفی ساختار ماکرو ارائه شوند، گزارش نتیجه یک ابزار اعتبارسنجی بسیار عالی برای مدل سازان آینده فراهم می کند.

۷. خلاصه و چشم انداز آینده

شناخت ما از جدایش ماکرو در شمش های فولاد در طی قرن گذشته بسیار زیاد پیشرفت کرده است. به خصوص از زمان ظهور مدل سازی جدایش ماکرو در دهه ۱۹۶۰، توانایی برای پیش بینی جدایش ماکرو به پیشرفت های قابل توجهی در شناخت عیوبی که می توانند در شمش ها بروز کنند و قابلیت برای کاهش آن ها منتج شده است.

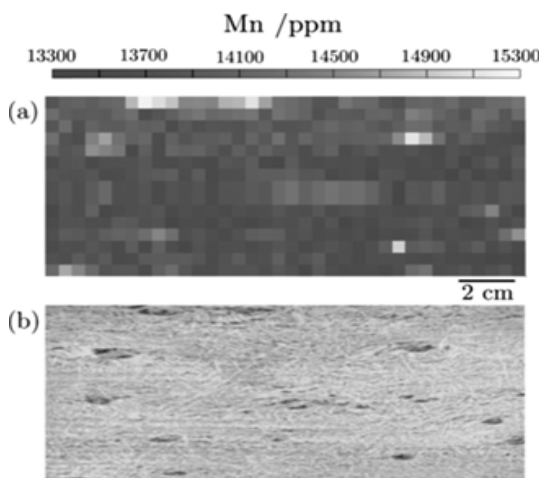
مدل های چند فازى مدرن روز در تلفیق با معادلات بقا برای جرم، عناصر، ممنتوم و انرژی، در کنار بسیاری از روابط کمکی، در طرح های گنجانده شده اند که توانایی پیش بینی ناهمگونی های همانند جدایش - A و جدایش در پایه شمش را دارند. بررسی نظری رفتارهای پیچیده موجود در شمش های در حال انجماد، مثل رشد و حرکت دانه هم محور، در حال پیشرفت است. با این وجود، بیشتر توان پیش بینی کننده ماکرو مدل ها هنوز هم بنا به دلایلی غیر قابل دسترس است یا استفاده

جزئیات کمی از الگوهای جدایش در مقیاس ریزتر را که مشاهده می شوند فراهم می کند و برای بدست آوردن مرزهای بالا و پائین شدت جدایش نمی توان بر آن تکیه کرد (عجیب اینکه، به نظر نمی رسد نمونه برداری با مته با نتایج حاصل از ماکرو اچ هدایت شده باشد).



شکل ۱۱. نمائی از (a) طرح نمونه برداری با مته (نقاط نمونه برداری با نقطه مشخص شده اند) و (b) برون یابی نتایج غلظت کربن در شمش بزرگ ۱۸۰ تن.

اما روش هایی وجود دارند که ممکن است توانائی ترسیم جزئی تر نقشه جدایش را داشته باشند، به طوری که جدایش های A- منفرد را می توان آنالیز کرد. Miyamura و همکاران از یک فرآیند EMPA بزرگ شده که قادر به آنالیز مقاطع ماکرو بود استفاده کردند، اما به اسلب با ابعاد ۱۰*۳۰ سانتیمتر محدود بود. به نظر می رسد یک راه امیدبخش طیف سنجی فلورسانس اشعه X (XRF) باشد، که اولین بار در تحقیقات جدایش ماکرو انجام شده توسط Flemings و همکاران، در امکانات نقشه برداری اتوماتیک مورد استفاده قرار گرفت، شکل ۱۲ را ببینید.



شکل ۱۲. (a) نتایج اولیه روش نقشه برداری خودکار با XRF مورد استفاده برای آنالیز غلظت منگنز در فولاد 0.2C-1.3Mn-0.7Ni-0.5Mo (غلظت اسمی منگنز = ۱۳۳۰۰ ppm). (b) مساحت صفحه آنالیز شده نشان داده شده در شکل ۳.

با اندازه‌گیری تجربی جدایش ماکرو و انجام مطالعات موردی برای اعتبارسنجی تنها مشکلات مرکب مدل‌سازی هستند. برای تولیدکنندگان و پژوهشگران با هدف ارزیابی سریع اثر شرایط ریخته‌گری و ترکیبات آلیاژ بر جدایش ماکرو، در حال حاضر به نظر می‌رسد که روش‌های ساده‌تر، از جمله استفاده از معیار عدد-Rayleigh برای پیش‌بینی جدایش - A ارزش پیگیری را دارند. متغیرهای مورد نیاز برای چنین معیاری را می‌توان به سرعت از طریق روابط تجربی و سایر مدل‌ها، مثلاً مدل جدایش میکرو Howe یا بسته‌های نرم افزاری همانند JmatPro و ترسیم نقشه نتایج یک ماکرومدل حرارتی ساده برآورد کرد. مشکلات مرتبط با مدل‌سازی جدایش ماکرو اغلب بزرگ است، اما راه‌حل‌های نوآورانه که شامل کاهش پیچیدگی در عین حال ارائه‌کننده پیش‌بینی‌های دقیق جایگزین‌های امیدبخشی هستند. در حال حاضر، نیاز به چنین بررسی‌ای برای شمش‌های فولاد از اهمیت بالایی برخوردار می‌باشد زیرا تولیدکنندگان با افزایش تقاضای صنعت از جانب صنعت رو به رشد تولید برق مواجه اند.

محدودی دارند، به خصوص در مورد شمش‌های فولاد بزرگ چند جزئی. از موارد مهم میان آن‌ها خواسته‌های محاسباتی غیرعملی است که ماکرو مدل‌های پیچیده نیاز دارند- در یک خوشه کامپیوتری کوچک حتی ساده‌ترین کدهای تجاری برای اجرای یک مدل جدایش ماکروی یک شمش آلیاژ دوتایی در اندازه متوسط می‌تواند هفته‌ها به طول بیانجامد. به منظور انجام مدیریت بر زمان محاسبات، مدل‌سازان اغلب ساده‌سازی را بکار می‌گیرند، اندازه مش و اندازه سیستم را کاهش می‌دهند، اما این به نوبه خود می‌تواند به معنای آن باشد که مدل‌ها قادر به حل پدیده‌های کلیدی و ارائه نتایجی که به میزان قابل توجهی از اندازه‌گیری‌های تجربی عاید می‌شوند نیستند. مسائل بیشتر با پارامترهای ورودی و مدل‌های کمکی، همانند توابع نفوذپذیری و فاصله بازوهای دندردیت همراه است. همه این موارد به اتفاق یکدیگر به این معنی است که برای بیشتر اهداف عملی، نمی‌توان برای ارائه نتایج کمی برای شمش‌ها به مدل‌های جدایش ماکرو اتکا کرد و حتی ممکن است برای پیش‌بینی‌های کیفی نیز مناسب نباشند. مسائل مرتبط

بازیافت مواد آهن‌دار در کنورتور اکسیژنی و کوره‌های قوس الکتریکی ژاپن

به ترتیب ۹۱,۴ و ۹۰,۳ درصد است.

(کتاب مرجع فولاد ۹۳)

آیا می‌دانید؟

پیش‌بینی می‌شود میزان مصرف محصولات فولادی جهان در سال ۲۰۱۴ تا ۳,۱

درصد رشد به ۱۵۲۷ میلیون تن برسد.

(کتاب مرجع فولاد ۹۳)

آیا می‌دانید؟

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.

برگزاری جلسه هیأت مدیره

جلسه هیأت مدیره انجمن آهن و فولاد ایران در تاریخ ۹۴/۰۳/۲۱ در محل ساختمان انجمن برگزار گردید. در این جلسه ضمن قرائت صورتجلسه قبلی، آقای دکتر نجفی زاده گزارشی از عملکرد انجمن در سال ۹۳ ارائه نمودند. سپس ایشان توضیحاتی در مورد مشکلات مربوط به برگزاری سمپوزیوم فولاد ۹۴ بیان نمودند. همچنین قرار شد امکان برگزاری این همایش در جزیره کیش مورد مطالعه و بررسی قرار گیرد. در ادامه جلسه، آقای دکتر نجفی زاده در ارتباط با تشکیل مرکز تحقیقات و فناوری فولاد ایران و پیگیری‌ها و فعالیت‌های وسیع انجام شده با مقامات کشوری و همچنین مطالعات جدید بر روی مهمترین مراکز تحقیقاتی آهن و فولاد کشورهای پیشرفته جهان سخنانی را ایراد نمودند.

با توجه به آماده شدن فضاها و فیزیکی مربوط به کمیته‌های تخصصی در محل انجمن، به کلیه اعضا پیشنهاد شد که افراد متخصص و علاقمند به مشارکت در پروژه‌های پژوهشی-کاربردی را به انجمن معرفی نمایند.

در این جلسه آقای مهندس مؤتمن نیز گزارشی در مورد شرکت در مجمع عمومی انجمن شرکت‌های دانش بنیان که به نمایندگی از طرف انجمن شرکت کرده بودند ارائه کردند. در ادامه جلسه، ترازنامه مالی انجمن منتهی به سال ۹۳ قرائت و به اتفاق آراء مورد تصویب قرار گرفت. در پایان جلسه از زحمات و تلاش‌های بی شائبه آقای دکتر عباس نجفی زاده توسط اعضای هیأت مدیره تقدیر و تشکر به عمل آمد.

تشکیل مجمع عمومی انجمن آهن و فولاد ایران

بر اساس دعوت قبلی، جلسه مجمع عمومی در تاریخ ۹۴/۰۳/۲۷ با حضور اعضا پیوسته حقیقی و حقوقی در محل آمفی تئاتر انجمن آهن و فولاد ایران برگزار گردید. در این جلسه بدنبال رسیدن تعداد اعضا به بیش از حد نصاب قانونی رسمیت آن اعلام و پس از تلاوت آیاتی از کلام الله مجید و بر اساس رأی حاضرین، آقایان مهندس سیروس مؤتمن، مهندس فرزاد ارزانی، دکتر غلامعلی رئیسی و مهندس محمد نیکوکار به عنوان اعضای هیأت رئیسه مجمع انتخاب شدند.

پس از آن آقای دکتر عباس نجفی زاده (رئیس هیأت مدیره) گزارشی از عملکرد انجمن در سال ۹۳ ارائه نمودند و سپس آقای مهندس احمد شریفی به عنوان بازرس انجمن گزارشی از نظارت و بازرسی را بیان نمودند و در این گزارش ضمن تأیید امور مالی از زحمات رئیس و اعضای هیأت مدیره و امور مالی در ایجاد سیستم مالی بدون اشکال قردادانی نمودند. سپس گزارش حسابرسی سال منتهی به سال ۹۳ توسط مدیر عامل مؤسسه حسابرسی تدبیرگران شاخص اندیش ارائه شد که ایشان نیز بدون شرط وضعیت حسابرسی انجمن در سال منتهی به ۹۳ را بنحو مطلوب اعلام کردند. بدنبال آن صورت‌های مالی سال ۹۳ به رأی گذاشته شد که به اتفاق آراء مورد تصویب اعضا مجمع قرار گرفت.



رئیس هیئت مدیره انجمن آهن و فولاد ایران

جناب آقای پروفیسور عباس نجفی زاده در زمره یک درصد برتر دانشمندان و نخبگان علمی جهان انتخاب شد

بر اساس اعلام پایگاه استنادی علوم جهان اسلام (ISC)، فهرست نخبگان یک درصد برتر دنیا که ضمن تولید ۱۴ درصد از کل علم دنیا، ۲۴ درصد از کل استنادهای دنیا را دریافت می نمایند را اعلام نمود. این فهرست با انجام پردازش های مختلف بر روی هر نام شناسایی شده در پلايه داران علم ISI، به شناسایی نخبه های علمی کشور که در زمره دانشمندان یک درصد برتر دنیا قرار گرفته اند پرداخته است. در این ارزیابی دانشگاه صنعتی اصفهان با برخورداری از ۷ نخبه علمی در زمره دانشمندان یک درصد برتر دنیا، جایگاه سومین دانشگاه برتر صنعتی و پنجمین دانشگاه برتر حوزه علوم پایه کشور را به خود اختصاص داده است. در این لیست نام پروفیسور عباس نجفی زاده در ابتدای آن آورده شده است.

بدین وسیله انتخاب به جا و شایسته ایشان را به عنوان یکی از هفت استاد برجسته دانشگاه صنعتی اصفهان در فهرست یک درصد دانشمندان و نخبگان علمی جهان، که مبین مراتب تعهد، شایستگی و تجارب ارزنده شان در سطوح مختلف آموزش عالی کشور می باشد به هیأت مدیره و اعضاء محترم انجمن صمیمانه تبریک و تهنیت عرض نموده و امید است ایشان همچون گذشته در خدمت به توسعه علمی کشور موفق و مؤید باشند.

روابط عمومی انجمن آهن و فولاد ایران

مراجع

- ۱ - مرکز منطقه ای اطلاع رسانی علوم و فناوری (RICEST)، دوشنبه ۲۲ تیرماه ۱۳۹۴
- ۲ - پایگاه استنادی علوم جهان اسلام (ISC)، دوشنبه ۲۲ تیرماه ۱۳۹۴
- ۳ - پایگاه خبری دانشگاه صنعتی اصفهان سه شنبه مورخ ۲۷ مرداد ماه ۱۳۹۴

قطعنامه میزگرد تخصصی

میزگرد تخصصی با عنوان "گلوگاه های توسعه صنعت فولاد کشور" در تاریخ ۹۳/۱۰/۲۴ در محل ساختمان انجمن آهن و فولاد ایران تشکیل گردید. در این میزگرد قطعنامه ای در دو بخش ۱ - راهکارهای عبور از بحران فعلی (به مدت یک سال) و ۲ - توسعه پایدار صنعت فولاد کشور صادر و طی نامه ای به مقامات تصمیم گیرنده کشور اعلام گردید.

با توجه به سابقه انجمن آهن فولاد ایران بعنوان یک مرجع علمی بی طرف این قطعنامه هم مشابه قطعنامه قبلی خوشبختانه مورد توجه قرار گرفت و اقدام های مثبتی از طرف وزارت محترم صنعت، معدن و تجارت در جهت اجرای مفاد قطعنامه انجام و یا در دستور کار قرار گرفت (تصویر نامه وزارت صنعت، معدن و تجارت بعلاوه تصویر قطعنامه در ذیل این خبر و صفحه بعد آمده است). این جایگاه ملی انجمن را که نتیجه اعمال سیاست های صحیح بوده، به کلیه اعضاء حقیقی و حقوقی انجمن آهن و فولاد ایران تبریک عرض کرده و امید است این روند همچنان با مشارکت و حمایت تک تک اعضاء همچنان ادامه یابد و این انجمن بتواند نقش علمی و مرجعیت خود را در بر طرف کردن معضلات مقطعی و در توسعه پایدار صنعت فولاد کشور ایفاء نماید.

شماره : 60/94973	تاریخ : 1394/04/23	پیوست : ندارد
 وزارت صنعت، معدن و تجارت		
جناب آقای دکتر نجفی زاده رئیس محترم هیئت مدیره انجمن آهن و فولاد ایران		
با سلام		
احتراماً، بازگشت به نامه شماره ۱۵۱۱۰۳۴۵-۹۳ مورخ ۹۳/۱۱/۱ درخصوص پیشنهادات آن جناب با موضوع گلوگاه های توسعه صنعت فولاد کشور به اطلاع می رساند؛ موارد مطروحه در بخش اول توسط این وزارتخانه مطرح و بهضاً عملیاتی نیز گردیده و همچنان درحال پیگیری می باشد. پیشنهادات در بخش دوم نیز در برنامه ریزی های کلان کشور بوده و در دستور کار دولت و دست اندرکاران قرار دارد.		
 مشاور وزیر و مسئول هیات حمایت از صنایع		



دریافت تقدیرنامه از کمیسیون انجمن های علمی ایران

کمیسیون انجمن های علمی ایران طی نامه ای از حسن همکاری و تلاش های بی شائبه هیأت مدیره انجمن و هیأت تحریره مجله بین المللی:

Journal of Advanced Materials and Processing

بدلیل کسب رتبه A80 از کمیسیون نشریات وزارت علوم تحقیقات و فناوری تقدیر و تشکر نمود.

جناب آقای مهندس امیر مسعود هراتیان

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

دکتر عباس نجفی زاده

رئیس هیأت مدیره انجمن آهن و فولاد ایران

افزایش تولید خام فولاد مبارکه اصفهان

تولید فولاد خام در گروه فولاد مبارکه اصفهان در نیمه نخست سال جاری میلادی با ۱۲ درصد رشد به ۳ میلیون و ۸۵۹ هزار تن رسید. بنا به گفته مدیر ارشد تولید فولاد مبارکه اصفهان، در بازه زمانی نیمه نخست سال میلادی (دی ماه ۹۳ تا تیر ماه ۹۴ شمسی) فولاد مبارکه با تولید ۲ میلیون و ۸۸۶ هزار تن، ناحیه فولادسازی و نورد پیوسته سبا با تولید ۳۷۷ هزار و ۴۲۸ تن و شرکت فولاد هرمزگان نیز با تولید ۵۹۵ هزار و ۲۱۷ تن هر یک به ترتیب ۱۴، ۱ و ۹ درصد رشد را تجربه کردند.

تولید ورق‌های فولادی با ابعاد خاص در خط نورد گرم

مهران شمس مدیر ناحیه نورد گرم فولاد مبارکه از افزایش توانمندی خط نورد گرم فولاد مبارکه در تولید ورق‌های فولادی ویژه در ابعاد خاص خبر داد. وی با تأکید بر این نکته که تولید این محصول در راستای دستیابی به اهداف شرکت فولاد مبارکه به خصوص واحد فروش و افزایش توان تولید خط نورد گرم، صورت گرفت، اظهار داشت: در این مرحله ورق‌های سفارش داده شده صادراتی با ابعاد خاص ۱۲۰۰×۱/۸ و ۱۳۵۰×۲، ۱۴۵۰×۲ که تاکنون سابقه تولید آنها در این خط وجود نداشته و خارج از محدودیت‌های ابعادی تولید در نورد گرم بوده، بابتش بینی تدارکات لازم با موفقیت و بدون عیب تولید گردید.

طراحی و تولید ورق‌های فولادی فوق کششی برای صادرات به بازارهای اروپا

غلامرضا جوانمردی مدیر واحد متالورژی و روش‌های تولید فولاد مبارکه با تأیید این خبر گفت: با افزایش دانش فنی و تجربه کارکنان فولاد مبارکه و به منظور توسعه تولید محصولات جدید و جذب سفارشات کلاف گرم صادراتی، در گامی دیگر، طراحی فولاد فوق کششی گرم با گرید DD14(MG) در واحد متالورژی و روش‌های تولید صورت گرفت و با هماهنگی واحدهای فولادسازی و نورد گرم، حدود ۱۰۰۰ تن کلاف گرم از ضخامت ۳ الی ۴ و عرض‌های ۱۲۷۰ و ۱۵۱۵ میلی‌متر تولید و به اروپا ارسال شد.

تولید تیر آهن بال پهن سبک

محصول IPBL-200 که یک نوع تیر آهن بال پهن سبک می‌باشد به تولیدات نوردی ذوب آهن اصفهان اضافه شد. مهندس سالاری مدیر مهندسی نورد شرکت ضمن بیان این خبر گفت: این تیر آهن بال پهن با نام تجاری H20 سبک برای اولین بار در کشور بنا به درخواست مشتریان خاص پس از انجام مطالعات و طراحی در نورد ۶۵۰ ذوب آهن اصفهان تولید شد. وی با اشاره به اینکه تولید این محصول جدید از واردات آن جلوگیری می‌کند گفت: تیر آهن بال پهن H20 سبک در سازه‌ها و ساختمان‌های بلند مرتبه، ستون‌ها و پل‌ها استفاده می‌شود و جایگزین قوطی ورق می‌گردد. مدیر بخش نورد شرکت تصریح کرد: هم اکنون در ساختمان‌های نیمه بلند از قوطی ورق استفاده می‌شود که به دلیل جوشکاری، استاندارد و مقاومت لازم را ندارد در حالیکه تیر آهن بال پهن مشکلات مذکور را ندارد.

صادرات ۲۵۰ هزار تنی محصولات ذوب آهن در ۳ ماهه ابتدای سال جاری

دکتر سعد محمدی مدیرعامل ذوب آهن اصفهان از صادرات ۲۵۰ هزار تنی محصولات این شرکت در ۳ ماهه ابتدای سال جاری خبر داد و گفت: این میزان صادرات نسبت به مدت مشابه در سال گذشته تا ۴ برابر رشد را نشان می‌دهد و امیدواریم در رقابت با کشورهای دیگر و به خصوص چین بتوانیم در افزایش کیفیت و تنوع‌پذیری محصولات پیشرفت بیشتری داشته باشیم. شایان ذکر است کلیه محصولات فولادی ذوب آهن اصفهان اعم از تیر آهن، شمش و غیره به کشورهای حوزه خلیج فارس، اردن، عراق، افغانستان، پاکستان، گرجستان، ترکمنستان و ارمنستان صادر شده است. دکتر سعد محمدی در خصوص میزان تولیدات ذوب آهن در سال جاری نیز گفت: برای امسال رشد ۲۰ درصدی محصولات را در نظر گرفته‌ایم و همچنین ۸ طرح جدید با سرمایه‌ای بالغ بر ۴۰۰ میلیارد تومان در دست اجرا داریم.

رشد ۹ درصدی صادرات در شرکت فولاد آلیاژی ایران

طی چهار ماه اول سال ۹۴ بیش از ۶۱۵۰ تن از محصولات این شرکت به ارزش بالغ بر سه میلیون و یکصد هزار (۳,۱۰۰,۰۰۰) دلار به خارج از کشور صادر که در مقایسه با مدت مشابه سال قبل (۵۶۳۸ تن) بیش از ۹ درصد رشد داشته است. فولادهای صادراتی در قالب گروه‌هایی نظیر عملیات حرارتی‌پذیر، سخت‌شونده، زنگ نزن، کربنی، ابزار سردکار، عملیات حرارتی‌پذیر مهندسی و صنعتی بوده که عمدتاً به کشورهای آلمان، اسپانیا، ایتالیا، پرتغال، چک، هلند، کره جنوبی و افغانستان صادر شده است. از مهمترین دست‌آوردهای دیگر این دوره، صادرات محصولات پر آلیاژ زنگ نزن به کشور پرتغال و نیز صادرات فولادهای ابزاری سردکار به کشور چک است که در نوع خود و بدلیل آنکه اروپا خود مهد تولید فولادهای مخصوص و پرآلیاژ می‌باشد، بسیار حائز اهمیت است.

سال پیش تعریف و طی یک کار مشترک بین واحدهای تولید، تعمیرات و اتوماسیون فولادسازی، نواقص این تجهیز شناسایی شد و به مرحله بهره‌برداری رسید. بر اساس مطالعات انجام شده، مدلی برای انجام فرآیند کربن‌زدایی در خلأ طراحی گردید. تاکنون سه ذوب در ناحیه VOD با موفقیت تحت عملیات کربن‌زدایی در خلأ قرار گرفته است و نتایج مطلوبی به دست آمده است. با توجه به موفقیت دو تست اولیه، طراحی تست به منظور تولید ذوب زنگ نزن X20Cr13 انجام گرفت و در تاریخ شانزده تیر ۹۴ این گرید با موفقیت و با استفاده از فرآیند VOD تولید شد. مزیت کاهش کربن در VOD امکان ایجاد تغییراتی در شارژ فروآلیاژ این گرید ایجاد نمود و هزینه تولید این ذوب نسبت به ذوب‌های مشابه حدود ۱۱ میلیون تومان کاهش یافت. در صورت موفقیت در تولید این گرید به روش دوپلکس، امکان کاهش هزینه تولید این گرید تا ۴۵ میلیون تومان در هر ذوب نیز میسر خواهد شد.

شرکت فولاد خوزستان

بیشترین صادرات فولاد کشور توسط شرکت فولاد خوزستان

با صادرات بیش از ۴۵۰ هزارتن محصول طی چهارماه ابتدای امسال، بیشترین صادرات فولاد کشور توسط شرکت فولاد خوزستان انجام شد. شرکت فولاد خوزستان بزرگترین عرضه‌کننده شمش فولاد در کشور موفق شد از ابتدای امسال تا پایان تیرماه، بیشترین مقدار صادرات فولاد کشور را به خود اختصاص دهد. به گزارش خبرنگار ما، مهندس عبدالمجید شریفی مدیرعامل شرکت فولاد خوزستان، تولید شرکت را طی این مدت، یک میلیون و یکصد و شصت هزارتن و میزان صادرات را ۴۵۳ هزار و ششصد تن اعلام کرد. ارقام ذکر شده بیانگر رشد ۲۱۵ درصدی در صادرات و ۵ درصدی در تولید شرکت نسبت به مدت مشابه سال قبل می‌باشد. وی افزود، در همین مدت با تولید دومیلیون و ۳۲۵ هزارتن گندله سنگ آهن و یک میلیون و ۳۲۰ هزارتن آهن اسفنجی، به رشد ۱۵ درصدی در تولید گندله و رشد ۱۴ درصدی در تولید اسفنجی رسیدیم.

دستاوردها و افتخارات شرکت فولاد آلیاژی ایران در سال ۱۳۹۴

- دریافت تقدیرنامه و تندیس واحد صنعتی نمونه ملی در بیست و ششمین جشنواره ملی امتنان از تلاشگران و واحدهای نمونه، توسط وزیر تعاون، کار و رفاه اجتماعی (اردیبهشت ۹۴).
- طراحی دو (۲) گرید جدید فولادی با نامهای فولاد 1255D و فولاد 1242D.
این محصولات جزء فولادهای پر کربن از خانواده فولادهای فتر می‌باشند و طراحی این گریدها براساس استاندارد EN10016-4 (اروپایی) انجام شده است.

راه اندازی و استفاده از تجهیز VOD به منظور کربن‌زدایی در خلأ (تولید فولاد زنگ‌نزن)

تولید فولادهای زنگ نزن و با کیفیت، یکی از اهداف شرکت فولاد آلیاژی ایران برای کسب بازارهای بین‌المللی می‌باشد. در این راستا، با توجه به نیاز سازمان به تولید فولادهای زنگ‌نزن، پروژه راه‌اندازی تجهیز VOD برای تولید این فولادها از یک

اخبار از سایت های بین المللی^۱

نمودار تولید فولاد هبی از ۴۵/۷۹ میلیون تن در سال ۲۰۱۳ به ۴۷/۰۹ میلیون تن در سال ۲۰۱۴ افزایش یافت. تولید بائواستیل در میزان ۴۳/۳ میلیون تن سال گذشته ثابت باقی مانده است. بطورمشابه، تولید فولاد شاگانگ، آنتشان و اوهان تقریباً مشابه سال گذشته ثابت باقی مانده است. اگرچه تولید فولاد اوهان از ۳۹/۳ میلیون تن به ۳۳ میلیون تن در سال کاهش یافته است.

ازمشکل مدیریت گرد و غبار کوره قوس تا یک فرصت کسب وکار

TECNALIA یک شرکت تحقیقاتی در اسپانیا است و یکی از مراکز مهم در اروپا به شمار می آید. این شرکت وظیفه‌ی تبدیل دانش به تولید ناخالص برای بهبود کیفیت زندگی مردم و ایجاد کسب و کار برای شرکت‌های مختلف را برعهده دارد. دیجی مت (Digimet) یک تکنولوژی مبتنی بر فن آوری‌های جدید است که توسط شرکت TECNALIA و Kereon در سال ۲۰۱۳ مطرح گردید. این تکنولوژی با هدف تبدیل شدن به یک معیار جهانی در حل مشکل گردوغبار حاصل از تولید فولاد به تازگی راه‌اندازی شده است. شرکای KEREON فعالیت خود را در سال ۲۰۱۱ در چارچوب گروه کسب و کار خصوصی با بیش از ۳۰ سال تجربه و با هدف ترویج و توسعه شرکت‌ها در زمینه‌های مختلف، به طور عمده در منطقه باسک آغاز کرد. بعد از دو سال کار بر روی پروژه، سرانجام تکنولوژی دیجی مت مورد تأیید و در مقیاس نیمه صنعتی با کوره ۳۰۰۰ Tn/year مورد آزمایش قرار گرفت. گرد و غبار فولادی بزرگترین مواد باطله جامد و خطرناک تولید شده توسط صنعت فولاد هستند. مدیریت این مواد باطله برای شرکت‌های فولادی بسیار پرهزینه است. دیجی مت شرکت‌ها را قادر خواهد ساخت تا این مشکل را در داخل کارخانه حل کنند و سبب بالاترین حد بازیابی مواد قابل بازیافت می‌شود. علاوه بر این اکسید روی با درصد خلوص بالا به خوبی درصد خلوص آهن تولید شده به دست می‌آید. این یعنی همراه با بازیابی فلز با درصد خلوص بالا، یک سرباره‌ی مناسب برای تولید سیمان ایجاد می‌گردد.

اعلام برندگان برترین‌های فولاد در سال ۲۰۱۵

بازار فلز آمریکا، برندگان ششمین جایزه بزرگ فولادی را اعلام کرد. این برندگان شامل ۱۵ شرکت هستند که در بخش‌های مختلف صنعتی، تکنولوژی‌ها و نوآوری‌های جدیدی را به کار گرفته‌اند. این برندگان به شرح زیر هستند:

برترین نوآوری (در بخش تولید): Gerdau Long Steel North America

برترین نوآوری (در بخش عملیاتی): TimenSteel Crop

برترین در ترکیب و ادغام: Steel Dynamics Inc

برترین بهبود عملیاتی: ArcelorMittal Dofasco

تولید کننده تکنولوژی سال: Integrated Mill Systems Inc

کمپانی خدمات اقتصادی (بانک): Bank of America Merrill Lynch

کمپانی خدمات اقتصادی (مشاور): Global Principal Partners LLC

کمپانی فن آوری اطلاعاتی سال: Gerdau Long Steel North America

حمایت کننده محیط زیست: SSAB Americas

تولید کننده منطقی سال: Alabama Steel Terminals LLC

کمپانی قراضه سال (سایز کوچک و متوسط):

Columbus Recycling Crop

کمپانی قراضه سال (سایز بزرگ):

Upstate Shredding LLC-Ben Weitsman & Son Inc

مرکز خدمات سال: Rellance Steel & Aluminum Co

تولید کننده تیوپ و لوله سال: TMK Ipsco

تولید کننده فولاد برتر سال: TimkenSteel Crop

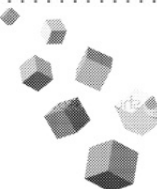
فولاد سازان چینی در بین ۱۰ تولید کننده برتر جهان

بر اساس گفته انجمن جهانی فولاد، شش فولادساز چینی در بین ۱۰ تولید کننده برتر جهان قرار گرفتند. گروه آهن و فولاد هبی (Hebei Iron and Steel Group) رتبه سوم، بائواستیل (Baosteel) در رتبه چهارم، گروه شاگانگ (Shagang Group) رتبه‌ی ششم، گروه آهن و فولاد آنتشان (Anshan Iron and Steel Group) در رتبه‌ی هفتم، گروه آهن و فولاد اوهان (Wuhan Iron and Steel Group) در رتبه هشتم و گروه شوگانگ (Shougang Group) جایگاه دهم این رده‌بندی را به خود اختصاص دادند.

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

Journal of Iron and Steel Research, International

Volume 22, Issue 7, Pages 557-656 (July 2015)



- **An Estimation of Component Activity of Vanadium-bearing Liquid Iron and Transition Temperature of Vanadium Oxidization Using MIVM**
July 2015, Ya-yu LI | Zhen-nan LIU | Dong-ping TAO
- **Characterization and Thermodynamics of Al_2O_3 -MnO-SiO₂ (-MnS) Inclusion Formation in Carbon Steel Billet**
July 2015, Guo-cheng WANG | Sheng-li LI | Xin-gang AI | Chong-min ZHANG | Chao-bin LAI
- **Characteristics and Metallurgical Effects of Medium Basicity Refining Slag on Low Melting Temperature Inclusions**
July 2015, Hui-xiang YU | Xin-hua WANG | Jing ZHANG | Wan-jun WANG
- **Effect of Tempcore Processing on Mitigating Problems of Tramp Elements in Low C Steel Produced from Recycled Material**
July 2015, Ahmed RAMADAN | A.Y. SHASH | I.S. EL-MAHALLAWI | D. SENK | Taha MATTAR
- **Optimization of Calcium Addition to High-strength Low-alloy Steels**
July 2015, Gu-jun CHEN | Sheng-ping HE | Yin-tao GUO | Bo-yi SHEN | Shuo ZHAO | Qian WANG
- **Preparation of Sintered (Ce_{1-x}Ndx)₃₀Fe₃₀B₁ Magnets by Blending Powder Method**
July 2015, Shu-lin HUANG | Hai-bo FENG | Ming-gang ZHU | An-hua LI | Yue ZHANG | Wei LI
- **Verification of Interpretation of Dynamic Strain Aging for Intermediate Temperature Embrittlement in Ni-Bi Alloy**
July 2015, Wu-qiang YANG | Min XU | Ye MENG | Lei ZHENG | Xiao-dong MENG
- **Effect of Aging on Hardening Behavior of 15-5 PH Stainless Steel**
July 2015, Xin-yuan PENG | Xian-liang ZHOU | Xiao-zhen HUA | Zhen-wei WEI | Hua-ying LIU
- **Hot Deformation Behavior of Vanadium-microalloyed Medium-carbon Steel for Fracture Splitting Connecting Rod**
July 2015, Wei-jun HUI | Si-lian CHEN | Cheng-wei SHAO | Yong-jian ZHANG | Han DONG
- **Effect of Annealing Process on Microstructure and Mechanical Property of 1100 MPa Grade TRIP Steel**
July 2015, Hong-xiang YIN | Zheng-zhi ZHAO | Ai-min ZHAO | Xiao LI | Han-jiang HU | Jiang-tao LIANG
- **Influence of Chromium on Corrosion Behavior of Low-alloy Steel in Cargo Oil Tank O₂-CO₂-SO₂-H₂S Wet Gas Environment**
July 2015, Peng ZHOU | Jin-ming LIANG | Fei ZHANG | Hui-bin WU | Di TANG
- **Ultrasonic Fatigue Damage Behavior of 304L Austenitic Stainless Steel Based on Micro-plasticity and Heat Dissipation**
July 2015, Chao HE | Ren-hui TIAN | Yong-jie LIU | Jiu-kai LI | Qing-yuan WANG
- **Effect of Martensite Fine Structure on Mechanical Properties of an 1100 MPa Grade Ultra-high Strength Steel**
July 2015, Fan ZHEN | Kuan ZHANG | Zhi-long GUO | Jin-bo QU
- **Structure and Performance Changes of Ni-Co-Al Shape Memory Alloys in Relation to Co/Al Atomic Ratio**
July 2015, Jia JU | Feng XUE | Liu-xia SUN

ترجمه‌ی دو چکیده مقاله از مجله:

Journal of Iron and Steel Research, International
Volume 22, Issue 7, Pages 557-656 (July 2015)

خصوصیات و ترمودینامیک تشکیل آخال Al_2O_3 -MnO- SiO_2 (-MnS) در شمش فولاد کربنی

Characterization and Thermodynamics of Al_2O_3 -MnO- SiO_2 (-MnS) Inclusion Formation in Carbon Steel

Billet

یکی از روش‌های بیرون کشیدن ذرات آخال از شمش فولادی بوسیله‌ی الکترولیز محلول الکترولیتی آلی معرفی شد. در ضمن ترمودینامیک تشکیل آخال بوسیله‌ی نرم افزار FactSage محاسبه گردید. نتایج حاکی از این بود که دو نوع از آخال‌ها در شمش وجود داشت، یعنی Al_2O_3 -MnO- SiO_2 -MnS (AMS-MnS) و Al_2O_3 -MnO- SiO_2 (AMS). بیش تر ذرات آخال AMS-MnS با قطر ۵۰-۱۰ میکرومتر ساختار سه لایه میانی از خود نشان داد که شامل هسته غنی از SiO_2 با یک مقدار کم از Mn، در لایه میانی AMS و لایه بیرونی MnS با مقدارهای کوچک از Al و O. بیشتر ذرات آخال AMS اندازه‌ی ۹۰-۵۰ میکرومتر و ترکیب هموزن را نشان داد. نتایج ترمودینامیکی نشان داد که هسته‌ی غنی از SiO_2 در ابتدا می‌تواند با واکنش Si و O در فولاد مذاب در دماهای بالای ۱۹۲۳ کلونین طی افزودن آلیاژ Si-Fe تشکیل شود و سپس هسته‌ی غنی از SiO_2 ضمن واکنش با Mn و Al سبب تشکیل AMS مذاب می‌شود که هسته‌ی غنی از SiO_2 را در دمای ۱۸۷۳-۱۸۲۳ کلونین می‌پوشاند. رسوب MnS از AMS وقتی دما به ۱۸۲۸ کلونین برسد، آغاز شده است. AMS مذاب می‌تواند همراه با واکنش همزمان Al، Mn، Si و O در مذاب فولاد تشکیل شود.

بهینه سازی افزودن کلسیم به فولادهای کم آلیاژ استحکام بالا

Optimization of Calcium Addition to High-strength Low-alloy Steels

بسته شدن نازل یک مشکل رایج در ریختگری مداوم فولادهای کشته شده با Al است و عملیات کلسیم بطور گسترده برای رفع این مشکل است. با در نظر گرفتن هزینه‌های تولید، تکنولوژی کنترل آخال‌های غیرفلزی برای بهینه کردن مصرف کلسیم مورد مطالعه قرار گرفته است. پیشنهادیه شستشوی سرباره به کار گرفته شد و تصفیه ترکیب سرباره، شرایط اکسیژن زدایی و سیستم‌های آلیاژی کردن بهینه شدند. با کاربرد این روش‌ها تمیزی فولاد قبل از افزودن کلسیم بطور چشمگیری بهبود پیدا کرد و مصرف کلسیم مربوطه کاهش یافت.

بین‌المللی سینارهای

No	Title	Location	Date	Organization
1	9th International Conference on Clean Steel	Budapest, Hungary	8-10 Sep 2015	OMBKE
2	Iranian Iron & Steel Conference	Kish International Convention Centre, Kish Island, Iran	14-16 Sep 2015	Metal Bulletin
3	The Making, Shaping and Treating of Steel	Ontario, Canada	15- 17 Sep 2015	AIST
4	The 14th Worldwide Congress on Refractories	Hofburg in Vienna, Austria	15- 18 Sep 2015	UNITECR
5	15th China International Steel & Raw Materials Conference 2015	Shangri-La Hotel, Qingdao, China	22- 24 Sep 2015	Metallurgical Council of CCPIT
6	14th International Stainless Steel and Special Steel	Vienna, Austria.	29- 1 Oct 2015	Metal Bulletin
7	Materials Science & Technology 2015	Ohio, USA	4- 8 Oct 2015	ACerS, AIST, ASM & TMS
8	28th ASM Heat Treating Society Conference and Exposition	Cobo Center Detroit, Michigan, USA	20- 22 Oct 2015	ASM International
9	2015 ASEAN Iron and Steel Sustainability Forum	Kuala Lumpur, Malaysia	01- 02 Nov 2015	South East Asia Iron and Steel Institute
10	The International Conference on Materials, Processing and Product Engineering – MPPE 2015	Leoben, Austria	03- 05 Nov 2015	(ASMET)

داخلی سمینارهای

پایگاه اینترنتی	زمان	عنوان	ردیف
www.rastak-expo.com	۵ تا ۷ مهرماه ۱۳۹۴	پنجمین همایش بین المللی و نمایشگاه تخصصی صنعت ریخته گری	۱
www.fooladsadra.com	۷ تا ۹ مهرماه ۱۳۹۴	نخستین همایش ملی فنی و کنترل کیفیت در صنایع نفت، گاز و پتروشیمی	۲
www.isconferences.ir	۸ تا ۹ مهرماه ۱۳۹۴	کنفرانس ملی مکانیک - مواد و فناوری های پیشرفته	۳
www.qmconf.com	۱۶ تا ۱۸ آبان ماه ۱۳۹۴	پنجمین کنفرانس بین المللی مدیریت کیفیت	۴
www.imatconf.com	۱۹ تا ۲۰ آبان ماه ۱۳۹۴	چهارمین کنفرانس بین المللی مواد مهندسی و متالورژی و نهمین همایش مشترک انجمن مهندسی متالورژی و جامعه ریخته گران ایران	۵
www.iccc2015.icrc.ac.ir	۱۹ تا ۲۱ آبان ماه ۱۳۹۴	ششمین کنگره بین المللی رنگ و پوشش	۶
www.ufgnsml5.ut.ac.ir	۲۰ تا ۲۱ آبان ماه ۱۳۹۴	پنجمین کنفرانس بین المللی مواد فوق ریزدانه و نانو ساختار	۷
www.ica.ir	۳ تا ۵ آذر ماه ۱۳۹۴	شانزدهمین کنگره ملی خوردگی و سومین کنگره خوردگی صنعت نفت	۸
www.rebarforging.ir	۲۵ آذرماه ۹۴	همایش جوشکاری فورجینگ سربه سر میلگرد	۹
www.pipingconference.ir	۱۴ تا ۱۶ دی ماه ۱۳۹۴	اولین همایش ملی مهندسی Piping & Pipeline	۱۰
www.ncnta.ir	۱۵ بهمن ماه ۱۳۹۴	چهارمین همایش ملی فناوری نانو از تئوری تا کاربرد	۱۱

نوآوری در صنعت فولاد ترکیه^۱

ترجمه: محمدحسین نشاطی
شرکت فولاد آلیاژی ایران

• سهم بالای واردات در تقاضای داخلی.
• گرچه ظرفیت کافی در بازار داخلی ایجاد شده است، بخش عمده تقاضا برای محصولات با ارزش افزوده بالا هنوز توسط واردات تأمین می‌شود.

۲- سیاست صنعت فولاد ترکیه

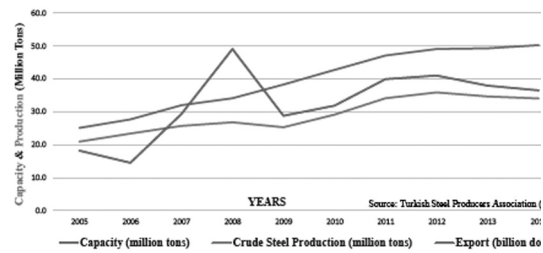
سیاست‌های اخیر بر افزایش رقابت‌پذیری و سهم در صادرات جهانی با استفاده از R&D و نوآوری به عنوان ابزار اصلی تمرکز می‌کنند:

- هدف اصلی دهمین برنامه توسعه (۲۰۱۸-۲۰۱۴) افزایش رقابت‌پذیری بین‌المللی و سهم آن در صادرات جهان است، منظور عمدتاً تحول صنعت ساخت به صورتی است که ساختار تولید با ارزش افزوده بالا و افزایش سهم بخش‌های تکنولوژی بالا حاصل شود.
- هدف اصلی سیاست R&D و نوآوری کمک به افزایش فعالیت‌های تکنولوژی و نوآوری با تمرکز بر بخش خصوصی و کسب سود از این فعالیت‌ها، برای تجاری‌سازی نتایج فعالیت‌های R&D از طریق تشکیل اکوسیستم (نظام زیست بومی) مبتنی بر نوآوری و دستیابی به توان بالای رقابت جهانی با محصولات تکنولوژی مارک‌های معروف است.
- سیاست صنعت آهن و فولاد در دهمین برنامه توسعه:
- در صنعت فلزات اساسی، تدارکات پایدار و مطمئن ورودی‌ها حاصل خواهد شد.
- تنوع در محصولاتی که ارزش افزوده بیشتری دارند و وارد می‌شوند با افزایش وزن آن‌ها در تولید داخلی تأمین خواهند شد.
- هدف سیاست مدیریت پسماند در برنامه توسعه دهم اهمیت دادن به شیوه‌های بازیافت و بازیابی در صنعت است.
- سند استراتژی و برنامه اجرائی ۲۰۱۶-۲۰۱۲ صنعت "آهن و فولاد" و "غیرآهنی" ترکیه و استراتژی تأمین نهاده‌ها (GITES) شامل بسیاری برنامه‌ها برای افزایش رقابت‌پذیری صنعت فولاد ترکیه.

این مقاله در همایش کمیته فولاد OECD در ماه مارس ۲۰۱۵ توسط یکی از کارشناسان وزارت توسعه ترکیه ارائه و در مورد اولویت‌های نوآوری و مراکز تحقیق و توسعه صنعت فولاد در آن کشور توضیح می‌دهد.

۱- تحولات صنعت فولاد ترکیه

در نمودار زیر روند توسعه ظرفیت تولید فولاد، میزان تولید واقعی فولاد خام و نیز روند تحول صادرات فولاد کشور ترکیه در فاصله بین سال‌های ۲۰۰۵ تا ۲۰۱۴ نشان داده شده است.



در این نمودار دو تحول نزولی به شرح ذیل قابل مشاهده است:

- سقوط تولید و صادرات تنها در سال ۲۰۰۹ به دلیل بحران جهانی.
- کاهش صادرات و تولید برای دو سال متوالی بعد از سال ۲۰۱۲.

علت این تحولات منفی را می‌توان به شرح زیر خلاصه کرد:

- کاهش صادرات (باعث کاهش نرخ استفاده از ظرفیت).
- کاهش سرعت تقاضای داخلی چین آن‌ها را مجبور به پیدا کردن مناطق صادراتی جدید می‌کند.
- بی ثباتی سیاسی جاری در منطقه خاورمیانه و شمال آفریقا (MENA).
- کاهش رقابت‌پذیری.
- به دلیل سهم بالای روش تولید فولاد با EAF در کل تولید فولاد ترکیه، اثرات کاهش چشمگیر قیمت سنگ آهن به طور جدی تری احساس شده است.
- مالیات مربوط به محیط زیست در مقایسه با رقبای جهانی بالاتر هستند.
- تولیدکنندگان در بازار داخلی نمی‌توانند از کاهش قیمت انرژی

در بازارهای جهانی بهره‌مند شوند.

۱- این متن ترجمه مقاله زیر است:

Y. Öcal, Innovation in the steel sector: TURKISH STEEL INDUSTRY, OECD March 2015.

۳- انواع نوآوری ("۴P") و نتایج آن در صنعت فولاد

- نوآوری محصول: متداولترین صورت درک شده نوآوری این است که محصول یا خدماتی را معرفی یا بهبود می بخشد - تغییر در آنچه به مصرف کننده نهائی عرضه می شود:
- طراحی مواد جدید با خواص فیزیکی و شیمیایی بهتر (مانند فولادهای HSLA و ضد زنگ).
- فرآیند نوآوری: نوآوری می تواند بر فرآیندهائی که از طریق آنها محصولات ایجاد و یا تحویل می شوند نیز تمرکز کند.
- طرح هائی که تولید گازهای گلخانه ای و پسماندها را کاهش و کارآئی در تولید را افزایش می دهند (مانند مدیریت پسماندها، کاربرد همزیستی صنعتی).
- موقعیت نوآوری: تمرکز سوم تغییرات نوآوری در زمینه ای است که در آن محصولات مطرح می شوند.
- محصولات برای بازار انبوه (مانند بهبود ریخته گری شمش به ریخته گری پیوسته).
- پارادایم نوآوری: نوآوری های مبتنی بر پارادایم مرتبط با مدل های ذهنی که آنچه را یک سازمان یا کسب و کار به آن مربوط است شکل می دهند.
- EAF، با تفاوت های آن از روش های تولید سنتی، دقیقاً نمونه ای از این انواع نوآوری در پایان قرن نوزدهم بود. (حتی اگر امروزه به دلیل قیمت پایین سنگ آهن کمتر سودآور به نظر برسد).

۴- سرمایه گذاری ها در صنعت فولاد ترکیه

۴-۱- حفاظت از محیط زیست و کارآئی انرژی

- صنعت فولاد ترکیه در حدود ۱ میلیارد دلار برای پروژه هائی با هدف افزایش حفاظت از محیط زیست و کارآئی انرژی در ۱۵ سال گذشته سرمایه گذاری کرده است در نتیجه این تلاش ها:
- مصرف انرژی بین سال های ۲۰۱۲-۲۰۰۰ به میزان ۲۲ درصد بر هر تن فولاد خام کاهش یافت.
- مقدار تولید فولاد خام به ازای هر نفر نیروی انسانی بین سال های ۲۰۱۲-۲۰۰۰ به میزان ۷۴ درصد افزایش یافت.
- همچنین در همین مدت، تعدادی تحقیق برای مدیریت پسماند توسط چند دانشگاه انجام شده است.

۴-۲- سرمایه گذاری های R&D و نوآوری

- اولین انستیتوی آهن و فولاد ترکیه در سوم جولای ۲۰۱۱ در دانشگاه Karabuk تأسیس شد.

- تحقیقات پیشنهادی به انستیتوی آهن و فولاد دانشگاه Karabuk (KISI) تمرکز بر استراتژی های جدید توسعه، افزایش کیفیت محصولات فولادی و تولید فولادهای با ارزش افزوده بالا، بازیافت پسماندها، افزایش کارآئی در کارخانه های آهن و فولاد، انجام تحقیقات با استفاده از مواد خام و سنگ معدن های داخلی به طور مؤثر و کارآمد بودند.

- KISI همچنین پیشنهاد انجام یا هماهنگی تحقیقات با تولیدکنندگان، مصرف کنندگان، دولت و سازمان های خصوصی که در این زمینه تحقیقات می کنند و حمایت از استراتژی ها و سیاست ها در آهن و صنعت فولاد ترکیه را نیز ارائه کرد.

- اولین مرکز آزمون و تحقیقات فولاد ترکیه در دانشگاه فنی استانبول (ITU) تأسیس خواهد شد: سرمایه گذاری مشترک ITU و انجمن صادرکنندگان فولاد ترکیه.

- تحقیقات در این مرکز بر روی فولاد و بخش های مربوط به فولاد خواهد بود. هدف کاهش هزینه های آزمایش، افزایش رقابت پذیری این بخش، بهبود ظرفیت R&D و نوآوری و انجام ارزیابی انطباق مناسب برای فروش داخلی و خارجی است.

- اولین مرکز R&D فولاد ترکیه توسط گروه اردمیر ایجاد شده است.

- مرکز R&D در کارخانه آهن و فولاد Ereğli، شرکت اصلی گروه اردمیر، تأسیس شده که برای گسترش یک مدل توسعه مبتنی بر تکنولوژی بالا، محصولات با ارزش افزوده و اطلاعات به خدمت گرفته می شود.

- هدف گروه اردمیر تبدیل این اولین مرکز R&D مصوب وزارت در بخش فولاد ترکیه به یک "مرکز تحقیقات پیشرفته فولاد" در دراز مدت است.

۵- مدیریت پسماندها در صنعت آهن و فولاد

- در یک تحقیق که هدف از آن توسعه راه حل های سودآور و رقابت پذیر مدیریت پسماند برای صنعت آهن و فولاد ترکیه تعیین شده بود، یک نظرسنجی انجام شد که منظر کلی مدیریت پسماند تولیدکنندگان فولاد ترکیه را آشکار کرد. نتایج آن نشان می دهد که بیشتر اقدامات به علت برخی از مسئولیت های اداری ایجاد می شوند که بر هزینه های تولید فشار می آورند و تأثیر منفی بر رقابت پذیری شرکت ها در برابر کشورهای رقیب جهانی دارند. طبق نتایج این نظرسنجی:

- پروژه‌های نوآورانه باید برای کاهش هزینه نهاده‌ها و انرژی پی‌ریزی شوند.
- طرح‌ها و ابتکاراتی باید آغاز شوند که بتوانند بازیافت پسماند را تسهیل کنند.
- تبدیل ظرفیت اضافی به تولید محصولات با ارزش افزوده بالا که حال توسط واردات تأمین می‌شوند.
- توسعه راه‌حل‌های نوآورانه برای بهبود عملکرد فرآیندهای EAF.

- توسعه محصولات نوآورانه که بتوانند جایگزین سایر مواد شوند.

- استفاده از پسماندها در خارج از سیستم تولید و در بخش‌های دیگر (در کاربردهای همزیستی صنعتی) به علت محدودیت‌ها در استانداردهای کیفیت و فرآیند تولید مرجح هستند.
- بازیابی پسماندهای خطرناک در مراکز بازیافت و بازیابی مواد پسماند بی‌ضرر مانند سرباره در ساخت جاده تعیین شد.
- بازیابی مواد پسماند جامد در شرکت‌های آهن و فولاد ترکیه می‌تواند هزینه تولید را حدود ۲ درصد کاهش داد.

۶- نتیجه‌گیری

- بهبود کارآئی تولید و کیفیت محصول.

در روسیه و آمریکا به ترتیب ۶۹ و ۲۵ درصد فولاد در ساختمان سازی به مصرف می‌رسد.

(کتاب مرجع فولاد ۹۳)

آیا می‌دانید؟

۵۳ درصد گاز CO₂ صنایع فولاد جهان را کشور چین منتشر می‌کند.

(کتاب مرجع فولاد ۹۳)

آیا می‌دانید؟

میزان تولید فولاد خام جهان، ۱۶۰۲ میلیون تن می‌باشد.

(کتاب مرجع فولاد ۹۳)

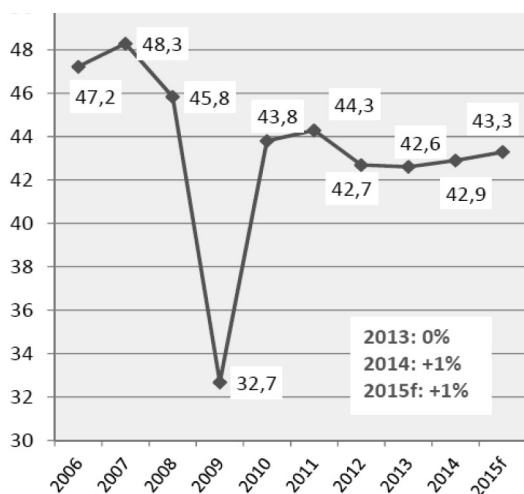
آیا می‌دانید؟

ارزیابی صنایع فولاد کشور آلمان در سال ۲۰۱۴

تهیه و تنظیم: مهندس محمدحسن جولازاده

مشاور عالی شرکت ککک طبس

با ۰,۹٪ رشد به ۴۳,۳ میلیون تن افزایش یابد. همانطوری که در شکل مشاهده می‌شود، به دلیل بحران اقتصادی سال ۲۰۰۸ در دنیا، میزان تولید فولاد خام در سال ۲۰۰۹ کاهش یافته و در سال ۲۰۱۲ با بهبود شرایط مجدداً به سطح ۴۲,۶ میلیون تن افزایش پیدا کرده است. در سال ۲۰۱۴ میزان تولید فولاد خام کشور آلمان با ۰,۷٪ افزایش نسبت به سال ۲۰۱۳، به ۴۲,۹ میلیون تن رسیده است. در سال گذشته سهم این کشور در تولید فولاد جهان ۲,۵۸٪ محاسبه شده است. نسبت استفاده از ظرفیت‌های نصب شده صنعت فولاد در کشور آلمان در سال گذشته بطور متوسط ۸۶٪ بوده است.



شکل ۲. روند تولید فولاد خام آلمان در ۹ سال اخیر.

۹۶,۷٪ از فولاد خام آلمان به روش ریخته‌گری مداوم بدست می‌آید، در سال ۱۹۷۰ سهم ریخته‌گری مداوم در تولید فولاد خام این کشور فقط ۸٪ بوده است در حالی که این نرخ در صنایع فولاد جهان در دوره مشابه فقط ۴٪ ثبت شده است. در سال قبل در کشور آلمان ۴۱,۶ میلیون تن

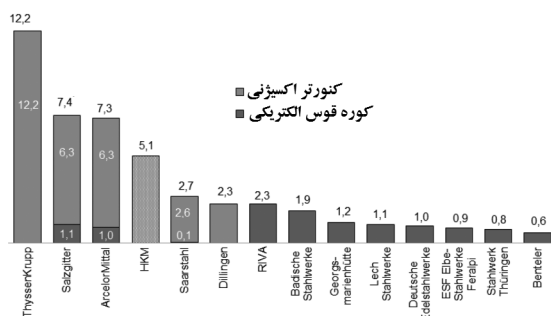
کشور آلمان یکی از قطب‌های اصلی تولید فولاد جهان به شمار می‌آید. نقش و سهم آلمان در ابداع و گسترش فرایندهای فولادسازی توماس، زیمنس مارتین، کوره قوس الکتریکی، کنورتر اکسیژنی، متالورژی ثانویه و ریخته‌گری مداوم قابل توجه بوده است. استفاده از سیستم بارگیری بدون زنگ، خنک کننده‌های مسی بدنه و دستگاه‌های مدرن مته و مسدود کننده هیدرولیکی مجرای تخلیه مذاب و گرانوله کردن خشک سرباره کوره بلند اولین بار در کشور آلمان مورد بهره‌برداری قرار گرفته است. میزان تولید تجمعی فولاد خام این کشور از سال ۱۸۷۱ تا اوایل ۲۰۱۵ بالغ بر ۳۱۶۰,۴ میلیون تن بوده است. در شکل ۱ محل استقرار شرکت‌های فولادسازی آلمان و فرایندهای تولید فولاد آن‌ها در سال ۲۰۱۴ دیده می‌شود.



شکل ۱. محل استقرار شرکت‌های فولادسازی آلمان و فرایندهای تولید فولاد آن‌ها در سال ۲۰۱۴.

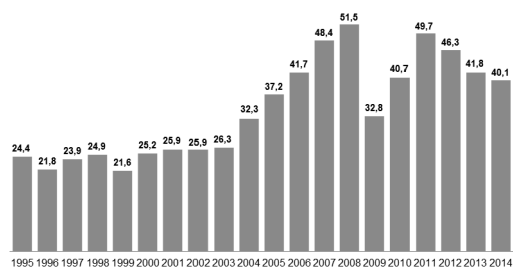
در شکل ۲ روند تولید فولاد خام کشور آلمان در ۹ سال اخیر (۲۰۱۴-۲۰۰۶) به نمایش در آمده است. پیش‌بینی می‌شود در سال ۲۰۱۵ میزان تولید فولاد خام کشور آلمان

رسیده است. شایان ذکر است کل فولاد خام کشور آلمان توسط بخش خصوصی تولید می‌شود (۵۸ شرکت). در شکل ۴ رده بندی شرکت های تولیدکننده فولاد خام آلمان بر اساس میزان تولید مشاهده می‌گردد. شرکت تیسن گروپ با ۱۲,۲ میلیون تن تولید فولاد خام در رده نخست قرار دارد. سهم فرایند فولادسازی کنورتور اکسیژنی در این شرکت ۱۲,۲ میلیون تن (۱۰۰٪) قید شده است.



شکل ۴. شرکت های تولید کننده فولاد آلمان در سال ۲۰۱۴ (میلیون تن).

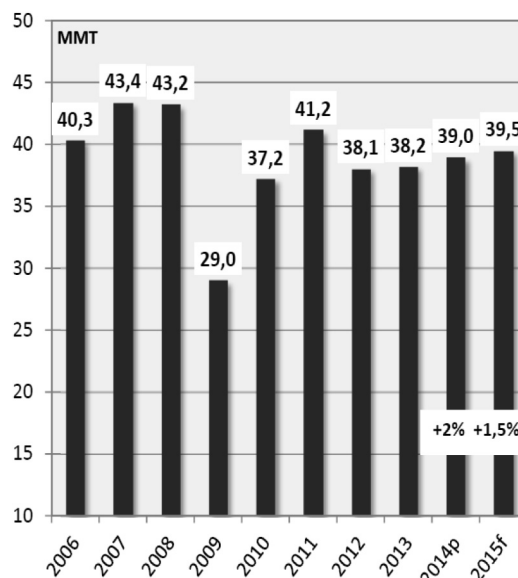
میزان فروش خالص محصولات فولادی کشور آلمان در سال ۱۹۹۵ بیش از ۲۲,۴ میلیارد یورو بوده و در سال قبل فروش خالص محصولات فولادی کشور مذکور بالغ بر ۴۰,۱ میلیارد یورو برآورد شده است (شکل ۵).



شکل ۵. میزان فروش خالص محصولات فولادی کشور (میلیارد یورو).

میزان صادرات و واردات محصولات فولادی کشور آلمان در سال گذشته به ترتیب ۲۴,۳ و ۲۴,۳ میلیون تن به ثبت رسیده است. با احتساب تجارت داخلی اتحادیه اروپا میزان صادرات و واردات محصولات فولادی کشور آلمان به ترتیب ۲۴,۳ و ۲۴,۳ میلیون تن می‌باشد. در شکل ۶ روند صادرات، واردات و واردات خالص محصولات فولادی آلمان به نمایش درآمده است. میزان مصرف محصولات فولادی این کشور در سال ۲۰۱۴، ۴۶,۸۶ میلیون تن گزارش شده است. سهم مصرف فولاد کشور آلمان در سطح جهان و اتحادیه اروپا (۲۸) به ترتیب ۳ و ۲۷٪ است. میزان مصرف سرانه

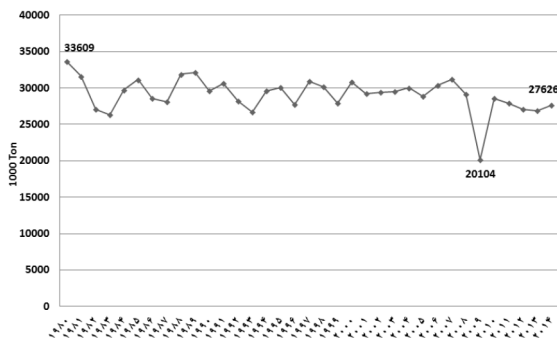
فولاد به روش ریخته گری مداوم حاصل شده است. میزان تولید محصولات نوردی این کشور ۳۶,۴۴۹ میلیون تن بوده است که سهم محصولات تخت و طویل به ترتیب ۲۴,۰۳۵ و ۱۲,۴۱۴ میلیون تن گزارش شده است. در شکل ۳ روند تولید محصولات فولادی کشور آلمان در ۹ سال اخیر و پیش بینی تولید سال جاری از نظر می‌گذرد. پیش بینی می‌شود میزان تولید محصولات فولادی کشور آلمان در سال ۲۰۱۵ به ۳۹,۵ میلیون تن برسد.



شکل ۳. روند تولید محصولات فولادی کشور آلمان در ۹ سال اخیر.

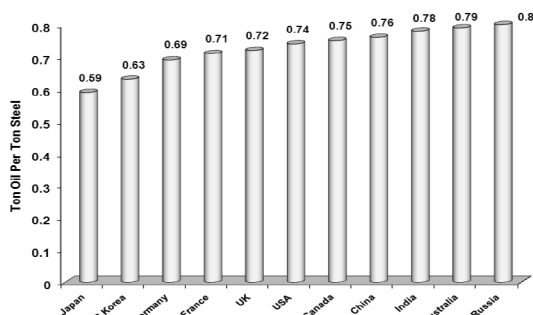
میزان فروش محصولات فولادی کشور آلمان در سال قبل ۳۴,۴۹۷ میلیون تن گزارش شده است که ۱۴,۰۴۱ میلیون تن آن به خارج صادر شده است. سهم اتحادیه اروپا و کشورهای سوم در این واردات به ترتیب ۱۰,۶۶۳ و ۳,۳۷۸ میلیون تن به ثبت رسیده است. کشور آلمان با تولید ۴۲,۹ میلیون فولاد خام در رده هفتم جهان و در بین کشورهای اتحادیه اروپا (۲۸) در رده اول قرار دارد. در سال ۲۰۱۴ سهم فرایندهای فولادسازی کنورتور اکسیژنی و کوره فوس الکتریکی در صنایع فولاد آلمان به ترتیب ۶۹,۶ و ۳۰,۴ درصد بوده است. بزرگترین کنورتور اکسیژنی جهان به ظرفیت ۳۸۰ تن در شرکت تیسن گروپ این کشور مستقر است. در سال ۲۰۱۴، بیش از ۸,۴ میلیون تن فولاد خام تولیدی این کشور را فولادهای آلیاژی تشکیل داده است (۱۹,۶٪ کل تولید فولاد خام). میزان تولید فولاد ضد زنگ نیز ۸۶۴ هزار تن به ثبت

توزیع بار در دهانه، غنی سازی هوا با اکسیژن، پیش گرم کردن هوای دم و سیستم های تزریق سوخت های کمکی، این نرخ به زیر ۵۰۰ کیلوگرم بر تن چدن مذاب کاهش یافته است. هم اکنون سهم کک، پودر ذغال، مازوت و دیگر سوخت ها در کوره های بلند آلمان به ترتیب ۳۳۴،۱، ۱۵۸،۲ و ۷،۸ کیلوگرم بر تن چدن مذاب است. میزان مصرف کک ریزه در تولید زیتتر ۴۶ کیلوگرم بر تن چدن مذاب بوده است. ضمناً میانگین عمر کاری باطری سازی های این کشور بالغ بر ۲۴ سال برآورد شده است.



شکل ۸. روند تولید چدن مذاب کشور آلمان در سال های ۱۹۸۰-۲۰۱۴ (میلیون تن).

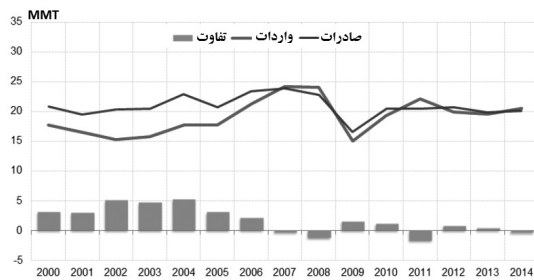
در شکل ۹ میزان مصرف انرژی در واحدهای فولادسازی کوره بلند-کنورتر اکسیژنی کشورهای مختلف از جمله آلمان برحسب معادل تن نفت بازای هر تن فولاد به نمایش در آمده است. میزان مصرف انرژی در واحدهای فولادسازی کوره بلند-کنورتر اکسیژنی کشور آلمان ۰،۶۹ تن معادل نفت بر تن فولاد است.



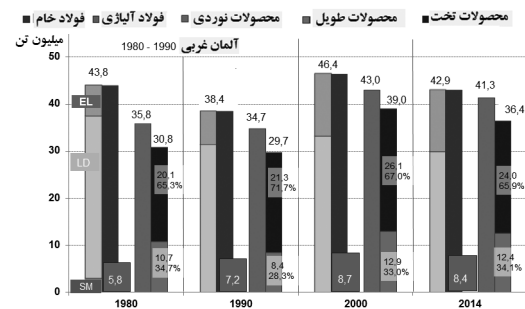
شکل ۹. میزان مصرف انرژی در واحدهای فولادسازی کوره بلند-کنورتر اکسیژنی کشورهای مختلف.

میزان تولید سرباره در کوره بلندهای آلمان در سال ۱۹۴۵ در حدود ۹۷۰ کیلوگرم بر تن چدن مذاب بوده است. در سال ۲۰۱۴ این نرخ به زیر ۲۶۵ کیلوگرم بر تن چدن مذاب کاهش پیدا کرده است. در شکل ۱۰ روند کاهش سرباره ویژه کوره بلندهای کشور آلمان از نظر می گذرد.

محصولات فولادی این کشور در سال قبل ۴۷۳،۹ کیلوگرم به ثبت رسیده است.



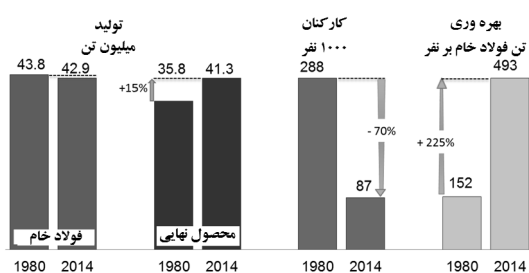
شکل ۶. روند صادرات، واردات و واردات خالص محصولات فولادی آلمان. در شکل ۷ روند تولید فولاد خام و محصول نهایی کشور آلمان در چهار دهه گذشته از نظر می گذرد. در سال ۲۰۱۴ از ۴۲،۹ میلیون تن فولاد خام تولیدی، ۸،۴ میلیون تن آن فولاد آلیاژی بوده است. شرایط کنونی در آلمان ۱۴ کوره بلند مدرن (فعال) و بازسازی شده در حال بهره برداری می باشد.



شکل ۷. روند تولید فولاد خام و محصول نهایی کشور آلمان در ۳۵ سال

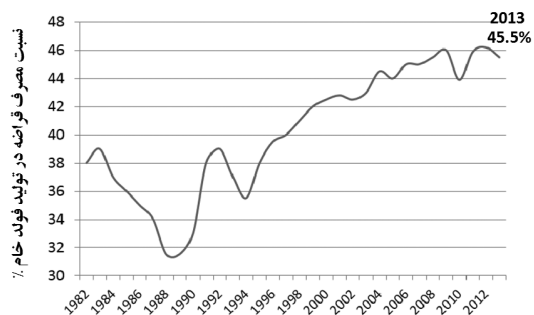
میزان تولید چدن مذاب این کشور در سال گذشته ۲۷،۹۴۵ میلیون تن گزارش شده است. نسبت چدن مذاب به فولاد خام تولیدی در کشور آلمان در سال قبل ۰،۶۵ محاسبه شده است. از نظر رده بندی تولید چدن کشور آلمان در رده هفتم جهان قرار دارد. در شکل ۸ روند تولید چدن مذاب این کشور دیده می شود. کشور آلمان برای توازن مواد شارژی فولادسازی ها ۵۰۰ هزار تن شمش چدن وارد و ۱۰۰ هزار تن شمش چدن صادر کرده است. کل چدن مصرف شده در این کشور ۲۷،۷ میلیون تن اعلام شده است. میزان تولید آهن اسفنجی (به روش میدرکس) آلمان در سال ۲۰۱۴ در حدود ۶۰۰ هزار تن گزارش شده است. میزان مصرف کک در کوره بلندهای این کشور در سال ۱۹۵۰، ۱۱۰۰ کیلوگرم بر تن چدن مذاب بوده است. با استفاده از سنگ آهن های غنی، آگلومرات، کک مرغوب، سیستم بارگیری بدون زنگ، فرایند کنترل فشار دهانه و کنترل جریان گاز و

تعداد نیروی انسانی و بحران اقتصادی (کاهش تولید فولاد) این نرخ در سال ۲۰۱۰ به ۳۵۵ تن بر نفر ثبت شده است و در سال ۲۰۱۴ مجدداً با افزایش تولید، بهره‌وری نیروی انسانی به ۴۹۳ تن برای هر نفر شاغل افزایش پیدا کرده است. در سال ۱۹۸۰ تعداد شاغلین صنایع فولاد آلمان ۲۸۸ هزار نفر بوده است در حالی که تعداد نیروی انسانی صنایع فولاد آلمان امروز (۲۰۱۴) ۸۷ هزار نفر بیش نیست. به عبارت دیگر در طول ۳۴ سال تعداد نیروی انسانی صنایع فولاد آلمان ۲۰۱ هزار نفر کاهش پیدا کرده است. در شکل ۱۲ مقایسه تعداد شاغلین و بهره‌وری نیروی انسانی صنایع فولاد آلمان در سال‌های ۱۹۸۰ و ۲۰۱۴ از نظر می‌گذرد.

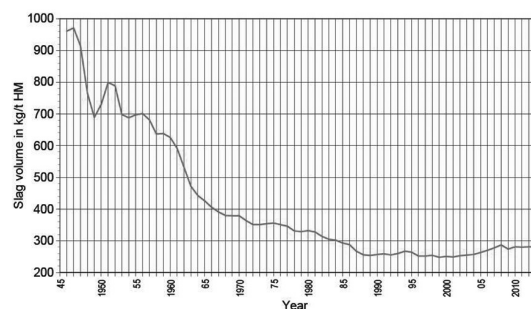


شکل ۱۲. مقایسه تعداد شاغلین و بهره‌وری نیروی انسانی صنایع فولاد آلمان در سال ۱۹۸۰ و ۲۰۱۴.

کل مصرف قراضه در تولید فولاد خام آلمان نزدیک به ۱۹,۱ میلیون تن گزارش شده است که ۵,۱ میلیون تن آن در کنورترهای اکسیژنی و ۱۴ میلیون تن بقیه در کوره‌های قوس الکتریکی مورد استفاده قرار گرفته است. برای این منظور ۵,۵۸ میلیون تن قراضه فولادی وارد و ۹,۱۸ میلیون تن قراضه فولادی صادر شده است (۷,۷۴۷ میلیون تن آن به کشورهای اتحادیه اروپا-۲۸). بیشترین صادرات قراضه آلمان به میزان ۱,۸۰۳ میلیون تن به کشور هلند بوده است. نسبت مصرف قراضه فولاد در تولید فولاد خام کشور آلمان در سال ۲۰۱۴ در حدود ۴۳,۸٪ بوده است. در شکل ۱۳ روند مصرف قراضه فولادی در تولید فولاد خام کشور آلمان مشاهده می‌گردد.



شکل ۱۳. روند مصرف قراضه در تولید فولاد خام کشور آلمان.



شکل ۱۰. روند کاهش سرباره ویژه کوره بلندهای کشور آلمان.

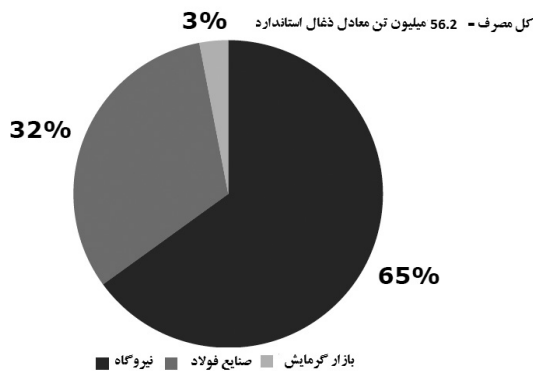
شایان ذکر است اولین واحد گرانوله کردن سرباره کوره بلند به روش خشک با استفاده از گلوله‌های فولاد ضدزنگ فریتی در کوره بلند شماره ۴ دیلینگن آلمان توسط شرکت Paul Wurth با موفقیت به اجرا درآمده است. در شکل ۱۱ گرانوله کردن سرباره کوره بلند به روش خشک در کوره بلند شماره ۴ شرکت فولادسازی دیلینگن مشاهده می‌شود. استفاده از سنگ آهن و کک مرغوب بر کاهش تولید سرباره کوره بلند تأثیر بسزایی داشته است. میزان مصرف انرژی ویژه برای تولید فولاد خام و محصولات نوردی به ۱۷,۱ و ۱۹,۷۲ گیگاژول بر تن برآورد شده است. در سال ۲۰۰۹ میزان انتشار گاز CO₂ برای فولاد خام ۱۴۱۴ کیلوگرم بر تن به ثبت رسیده است. میزان انتشار گاز CO₂ در صنایع فولاد آلمان در شرایط کنونی ۱۳۳۰ کیلوگرم بر تن فولاد خام می‌باشد. میزان مصرف انرژی ویژه نیز در حدود ۱۷,۱ گیگاژول بر تن فولاد است.



شکل ۱۱. گرانوله کردن سرباره کوره بلند به روش خشک در کوره بلند شماره ۴ دیلینگن آلمان.

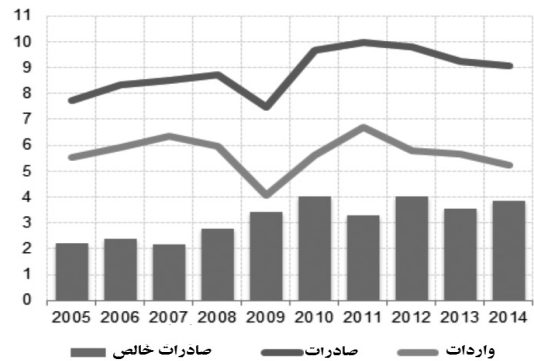
بهره‌وری نیروی انسانی در صنایع فولاد این کشور در سال ۲۰۱۴ نسبت به سال قبل افزایش یافته است. آموزش، دوره‌های بازآموزی و تخصصی و بالابردن سطح اتوماسیون در افزایش بهره‌وری نیروی انسانی موثر بوده است. بهره‌وری نیروی انسانی صنایع فولاد آلمان در سال ۱۹۸۰، ۱۵۲ تن فولاد بر نفر در سال ثبت شده است. به دلیل حفظ

میزان صادرات ذغال کشورهای آمریکا و کلمبیا به کشور آلمان به ترتیب ۱۱ و ۷,۳ میلیون تن گزارش شده است. کشورهای مشترک المنافع و استرالیا نیز به ترتیب ۱۳,۷ و ۵,۶ میلیون تن ذغال به کشور آلمان صادر کردند. کل مصرف ذغال در سال ۲۰۱۴ در کشور آلمان ۵۶,۲ میلیون تن معادل ذغال استاندارد بوده است. سهم صنایع فولاد در این مصرف ۳۳٪ گزارش شده است. در شکل ۱۷ در سال ۲۰۱۴ رشته های مصرف کننده ذغال کشور آلمان دیده می شود. میزان واردات ذغال کک شوی آلمان در سال گذشته ۱۱,۷۶ میلیون تن بوده است. ۵,۳۲۳ میلیون تن این ذغال کک شو از کشور استرالیا تأمین شده است. سهم کشورهای آمریکا، کانادا و کلمبیا در این واردات ذغال کک شو به ترتیب ۱,۴۶۲، ۳,۳۷۴، ۰,۱۱۶ و ۰,۱۱۶ میلیون تن بوده است. سهم کشورهای مشترک المنافع در واردات ذغال کک شوی کشور آلمان ۱,۱۸۳ میلیون تن ثبت شده است. در سال قبل میزان تولید کک کشور آلمان ۸,۷۷ میلیون تن گزارش شده است. میزان واردات کک کشور آلمان در سال ۲۰۱۴، ۲,۴۴۷، ۲,۱۱۹ میلیون تن به ثبت رسیده است که ۲,۱۱۹ میلیون تن این کک از کشور لهستان تأمین شده است. کک وارد شده از کشور جمهوری چک ۲۹۵ هزار تن ثبت شده است. ضمناً میزان واردات ذغال حرارتی (از جمله آنتراسیت) آلمان در سال قبل بالغ بر ۴۱,۹۱۱ میلیون تن گزارش شده است. بیشترین واردات ذغال آلمان از کشور روسیه میزان ۱۳,۷ میلیون تن بوده است. کشورهای کلمبیا و آمریکا نیز به ترتیب ۷,۲۶۵ و ۷,۷۲۵ میلیون تن ذغال حرارتی به آلمان صادر کردند. میزان مصرف ذغال حرارتی برای نیروگاه ها ۳۶,۹ میلیون تن بوده است. میزان واردات و مصرف سنگ آهن آلمان در سال گذشته هر دو مورد ۴۳ میلیون تن به ثبت رسیده است. میزان تولید سنگ آهن آلمان در سال گذشته ۶,۸ میلیون تن به ثبت رسیده است.

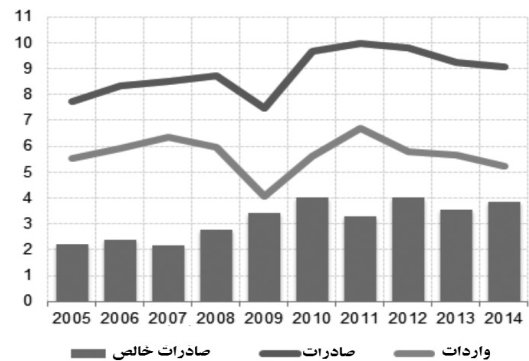


شکل ۱۷. رشته های مصرف کننده ذغال کشور آلمان در سال ۲۰۱۴.

در شکل ۱۴ روند صادرات و واردات قراضه فولادی کشور آلمان رویت می شود. در سال گذشته صادرات خالص قراضه فولاد در کشور آلمان ۳,۸ میلیون تن بوده است. ضمناً در شکل ۱۵ نیز جریان تجارت قراضه فولاد در کشور آلمان بر حسب میلیون تن به نمایش درآمده است.

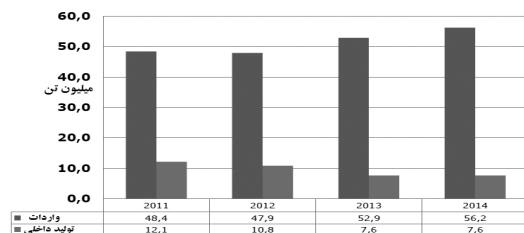


شکل ۱۴. روند واردات و صادرات قراضه فولاد در کشور آلمان (میلیون تن).



شکل ۱۵. جریان تجارت قراضه فولاد در کشور آلمان (میلیون تن).

میزان مصرف مواد اولیه برای تولید یک تن فولاد در سال ۱۹۸۰ نزدیک به ۲۰۷۵ کیلوگرم بوده است، امروزه این نرخ به زیر ۱۹۷۸ کیلوگرم کاهش یافته است. در سال ۲۰۱۴ کشور آلمان ۴۳ میلیون تن سنگ آهن وارد و مصرف کرده است. میزان تولید و واردات ذغال کشور آلمان به ترتیب ۷,۶ و ۵۶,۲ میلیون تن ثبت شده است. در شکل ۱۶ روند تولید و واردات ذغال کشور آلمان از نظر می گذرد.



شکل ۱۶. روند تولید و واردات ذغال کشور آلمان.



مصاحبه‌ای با قائم مقام مدیر عامل شرکت فولاد ناب تبریز

◀ به عنوان یک تولید کننده موفقیت خود را وابسته به

چه عوامل و شرایطی می‌دانید؟

شعار شرکت ما فولاد ناب کیفیت ناب است که نشان دهنده اهمیت کیفیت و به طبع آن اطمینان و رضایت مشتری از محصولات این شرکت است. این شرکت با تولید محصولات متنوعی مانند نبشی و ناودانی و تیر آهن در طیف وسیعی از ابعاد ۳۰ تا ۱۶۰ میلیمتر با کیفیت منطبق بر استانداردهای ملی و بین المللی و نگاه ویژه به بهبود مستمر فرایند و ارتقای تکنولوژی، رعایت الزامات کنترل کیفی و استانداردهای سازی، رویکرد تأمین تقاضای بازار و تنوع محصولات و آموزش و ارتقای سطح مهارت‌ها توانسته سهم عمده‌ای از بازار مقاطع فولاد ساختمانی به ویژه در بخش نبشی و ناودانی را در اختیار داشته باشد. در کنار آن مدیریت شرکت با اتخاذ سیاست‌های فروش متناسب با شرایط بازار به نحوی که حداکثر حمایت از مشتریان به عمل آید و همسو نشدن با نوسانات بازار که موجب ضرر و زیان مشتریان می‌شود توانسته‌ایم به عنوان یک تأمین کننده معتبر و خوشنام در بازار شناخته شویم.

◀ مهمترین مشکلات شما برای تولید به کدام عامل

مربوط بوده است؟

تداوم رکود در صنعت ساختمان و تخصیص اعتبارات دولتی به پروژه‌هایی با پیشرفت فیزیکی بالا از مهم‌ترین دلایل رکود بازار فولاد می‌باشد. کاهش قابل ملاحظه حجم معاملات فولاد، عدم حمایت‌های هدفمند و کارا از واحدهای فولادی و چشم‌انداز نه چندان مثبت و روشن از زمان احتمالی خروج از رکود مهم‌ترین مشکلات تولید کنندگان فولاد را تشکیل می‌دهند.

در این شماره از مجله مصاحبه‌ای با قائم مقام مدیر عامل شرکت فولاد ناب تبریز، جناب آقای مهندس رحیمی انجام شده است که در ادامه می‌خوانید:

◀ بطور خلاصه درباره تاریخچه و زمینه‌های فعالیت

شرکت فولاد ناب تبریز توضیح دهید؟

شرکت فولاد ناب تبریز در سال ۱۳۸۲ در شهر تبریز به ثبت رسیده و تولید آزمایشی آن در تابستان سال ۱۳۸۴ آغاز شد. به منظور افزایش سهم بازار پوشش تقاضای مشتریان، طرح توسعه شرکت اجرا و در سال ۱۳۸۹ به بهره‌برداری رسید. هم‌اکنون خط ۱ و ۲ این شرکت با بیش از ۴۰۰ نفر پرسنل در دو شیفت کاری مشغول به تولید بوده و در مجموع با ظرفیت تولید ۳۶۰/۰۰۰ تن در سال یکی از بزرگترین تولید کنندگان مقاطع فولاد ساختمانی شامل انواع نبشی و ناودانی در کشور محسوب می‌گردد.

◀ تحلیل جناب عالی از وضعیت صنایع متالورژی کشور

چیست، آیا می‌توانید مقایسه‌ای با کشورهای مشابه و

در حال توسعه ارائه دهید؟

در طی سال‌های گذشته صنایع متالورژی کشور به ویژه در بخش تولید فلزات اساسی مانند سرب، روی، مس و فولاد رشد و توسعه چشمگیری داشته است. کشور ما در ردیف کشورهای در حال توسعه است و بدیهی است متناسب با رشد و توسعه کشور، نیاز به فلزات اساسی افزایش خواهد یافت. به عنوان مثال در بخش‌های مختلف صنایع فولاد طرح‌های توسعه و ظرفیت‌های جدید در حال اجرا و راه اندازی هستند به نحوی که در افق ۱۴۰۴ کشورمان با تولید ۵۵ میلیون تن فولاد بزرگترین تولید کننده فولاد در منطقه خواهد بود. ایران با تولید ۱۷ میلیون تن فولاد خام حائز رتبه نخست در بین کشورهای خاورمیانه است و پس از آن عربستان با تولید سالیانه ۴ میلیون تن در رتبه بعدی قرار دارد.

چه انتظاری از مسئولان مملکتی دارید؟

هم‌اکنون در بازارهای جهانی با افت چشمگیر قیمت سنگ آهن از ابتدای سال ۲۰۱۴ تاکنون مواجهیم و در کنار همین عامل، افت بهای نفت را نیز تجربه می‌کنیم که همین فاکتورها منجر به تشدید روند نزولی قیمت فولاد (متأثر از کاهش قیمت سنگ آهن و نفت) شده است. کم‌اینکه مازاد عرضه فولاد به خصوص در چین و عدم مصرف آن در این کشور به میزانی که در گذشته صورت می‌گرفت، به روند کاهشی قیمت انواع فولاد بیش از پیش شدت بخشیده است. چین به‌عنوان بزرگ‌ترین تولیدکننده و مصرف‌کننده فولاد جهان با کاهش رشد اقتصادی، سیگنالی مبنی بر پیش روی بازار جهانی فولاد به سمت شرایط خاص و خطرناکی را منتشر می‌کند که مستقیم‌ترین بازخورد آن کاهش قیمت‌های جهانی فولاد و مازاد عرضه این محصول در سطح بازارهای جهانی و خطرات دیگر مترتب بر این رخداد است. در حال حاضر دولت باید با تمام توان از واحدهای فولادی حمایت کند و با افزایش میزان تعرفه حتی بیشتر از ارقام فعلی، وام‌های کم بهره بانکی، یارانه به تولید و اقداماتی از این دست از صنعت فولاد کشور حمایت کند.

درباره فعالیت‌های شرکت در عرصه تحقیق و توسعه

توضیح دهید، شرکت سالانه چه میزان از بودجه خود را به امر تحقیقات اختصاص می‌دهد؟

شرکت فولاد ناب تبریز جزو معدود شرکت‌های فولاد در بخش خصوصی کشور است که اقدام به تأسیس بخش تحقیق و توسعه نموده است. این شرکت در دی ماه سال ۱۳۹۰ موفق به دریافت گواهی تحقیق و توسعه و در دی ماه سال ۱۳۹۱ نیز موفق به دریافت پروانه تحقیق و توسعه از سازمان صنعت، معدن و تجارت استان آذربایجان شرقی گردیده و در همان سال از طرف انجمن تحقیق و توسعه صنایع و معادن ایران به عنوان یکی از مراکز تحقیق و توسعه برتر و برگزیده کشور انتخاب گردید. تحقیق و توسعه اولین مرحله نوآوری و ایجاد دانش پایه مورد نیاز برای تولید محصولات و خدمات با کیفیت می‌باشد. اهداف مهم تحقیق و توسعه شرکت فولاد ناب تبریز عبارتند از: کاهش هزینه‌های تولید، کاهش ضایعات، کاهش شدت مصرف انرژی، ارتقا سطح کیفیت محصولات و ارتقا سطح علمی کارکنان که پروژه‌هایی که تاکنون در این شرکت اجرا

شده در همین راستا بوده است. ما در حدود ۱ درصد از فروش سالیانه خود را به امر تحقیق و توسعه اختصاص می‌دهیم.

آیا تاکنون با شرکت‌ها یا مراکز تحقیقاتی خارجی نیز همکاری داشته‌اید؟ درباره ابداعات، نوآوری‌ها، سابقه فعالیت واحد تحقیق و توسعه و تعداد پتنت‌های ثبت شده شرکت فولاد ناب تبریز توضیح دهید؟

در زمینه آموزش و ارتقا سطح دانش همکاران و انتقال دانش فنی که بخشی از فعالیت‌های تحقیق و توسعه شرکت فولاد ناب تبریز می‌باشد قراردادهای همکاری متعددی با شرکت‌ها و مؤسسات خارجی داشتیم و تعدادی از کارشناسان این شرکت برای گذراندن دوره‌های تخصصی به دیگر کشورها به ویژه ترکیه اعزام شده‌اند. ابداعات و نوآوری‌های تحقیق و توسعه عمدتاً حول محور کاهش ضایعات، کاهش هزینه‌های تولید و کاهش مصرف انرژی بوده است. به عنوان نمونه اخیراً به منظور کاهش آلودگی صوتی واحد عملیات نهایی تحقیقاتی انجام شد که در نتیجه آن شدت صدا در این ناحیه از ۹۰ به ۷۰ دسی بل کاهش یافت. شرکت در نظر دارد این دست‌آورد ارزشمند را به عنوان پتنت به ثبت برساند.

به نظر شما عملکرد وزارت صنعت، معدن و تجارت

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

حمایت‌هایی دیر هنگام از طرف وزارت محترم صنعت، معدن و تجارت مانند افزایش تعرفه واردات محصولات فولادی از ۴ به ۱۰ و در مواردی به ۲۰ درصد و یا تمدید صادرات محصولات فولادی و یا عدم تخصیص ارز مبادله‌ای به محصولات فولادی وارداتی وجود داشته است که امیدواریم این حمایت‌ها به ویژه در برابر موج جدید واردات در دوره پس از تحریم نیز ادامه پیدا کند.

آیا وضعیت کنونی بخش معدن و صنایع معدنی کشور

را با توجه به ظرفیت‌های آن رضایت بخش می‌دانید؟ با وجود منابع معدنی حاوی فلزات اساسی، مزیت انرژی در

گندله‌سازی نیز ظرفیت موجود ۲۲ میلیون تن در سال و ۶۰ میلیون تن در سال نیز در حال نصب وجود دارد.

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

انجمن آهن و فولاد ایران با برگزاری سمپوزیوم‌های آهن و فولاد، کارگاه‌های آموزشی و انتشار نشریات معتبر و گرانسنگی همچون پیام فولاد نقش بسیار مؤثری در رشد و شکوفایی صنعت فولاد کشور و ایجاد حلقه ارتباط بین صنعت و دانشگاه و کاربردی کردن تحقیقات و پژوهش‌های انجام شده در زمینه صنعت فولاد داشته است. ترکیب هیئت مدیره انجمن متشکل از اساتید دانشگاه، مدیران شرکت‌های فولاد و متخصصین صنعت فولاد نشان می‌دهد که انجمن هدفی جز ترکیب دو مؤلفه دانش و تجربه در جهت توسعه و رشد صنعت فولاد ندارد.

اقتصاد ملی و افزایش مصرف فلزات ناشی از رشد صنعتی، صنایع معدنی متالورژی استخراجی در اقتصاد ایران نقشی حائز اهمیت دارد. در صورت برنامه‌ریزی دقیق به‌ویژه با نگاهی جامع به حوزه پایین‌دست، این بخش صنعت می‌تواند یکی از اصلی‌ترین موتورهای محرکه توسعه صنعتی و معدنی کشور به حساب آید. بزرگترین ایراد صنایع معدنی ایران خام‌فروشی است در حالی که فراوری مواد معدنی می‌تواند ارزش افزوده بیشتری را نصیب اقتصاد کشور نماید. از نظر دارا بودن ذخایر معدنی ایران جزو ۱۰ کشور برتر دنیا محسوب می‌شود.

تخمین زده می‌شود که مقدار ذخایر قطعی و تخمینی سنگ آهن ایران بیش از ۴ میلیارد تن باشد. هم‌اکنون استخراج سالیانه سنگ آهن به ۳۲ میلیون تن و تولید کنسانتره سنگ آهن به ۲۸ میلیون تن در سال رسیده است که ۴۲ میلیون تن ظرفیت در حال نصب نیز به زودی وارد چرخه تولید می‌شود. در بخش

در بین ۱۰ شرکت پیش‌تاز تولید فولاد جهان، ۶ شرکت فولاد چینی قرار دارد.

(هپی، گروه بائو، ووهان، شاگانگ، شوگانگ و آن استیل)

(کتاب مرجع فولاد ۹۳)

آیا می‌دانید؟

در سال گذشته اولین ماشین ریخته‌گری مداوم تختال فولاد ضد زنگ به ضخامت ۳۰۰ میلیمتر در شرکت فولاد Posco در کارخانه SSCP4 در شهر پوهانگ به ظرفیت ۷۰۰ هزارتن در سال راه اندازی شد.

(کتاب مرجع فولاد ۹۳)

آیا می‌دانید؟

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:	نام مؤسسه:			
آدرس مؤسسه:					
تلفن:	نمابر:	امضاء و تاریخ:			

بسته‌های آموزشی انجمن آهن و فولاد ایران

بسته خوردگی

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

بسته ریخته‌گری

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

بسته مهندسی سطح

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

بسته ارزیابی خواص مکانیکی مواد و شکل‌دهی

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

بسته جوشکاری

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

بسته روش های آنالیز مواد

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

بسته استاندارد

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

بسته ذوب

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

بسته شناسایی و انتخاب مواد

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

بسته انرژی

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

دوره های آموزش تخصصی مهندسی برق

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

دوره های آموزش تخصصی مهندسی برق

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

کمیته آموزش انجمن آهن و فولاد ایران

انشارات آهن و فولاد

ردیف	عنوان	گردآورنده	تاریخ انتشار	مبلغ (ریال)
۱	مجموعه مقالات سمپوزیوم فولاد ۷۵	دانشکده مهندسی مواد دانشگاه صنعتی اصفهان	مهر ۱۳۷۵	۲۰۰/۰۰۰
۲	مجموعه مقالات سمپوزیوم فولاد ۷۸	انجمن آهن و فولاد ایران	اردیبهشت ۱۳۷۸	۲۰۰/۰۰۰
۳	مجموعه مقالات سمپوزیوم فولاد ۷۹	انجمن آهن و فولاد ایران	بهمن ۱۳۷۹	۲۰۰/۰۰۰
۴	مجموعه مقالات سمپوزیوم فولاد ۸۰	انجمن آهن و فولاد ایران	بهمن ۱۳۸۰	۲۰۰/۰۰۰
۵	مجموعه مقالات سمپوزیوم فولاد ۸۱	انجمن آهن و فولاد ایران	بهمن ۱۳۸۱	۲۵۰/۰۰۰
۶	مجموعه مقالات سمپوزیوم فولاد ۸۲	انجمن آهن و فولاد ایران	بهمن ۱۳۸۲	۲۵۰/۰۰۰
۷	مجموعه مقالات سمپوزیوم فولاد ۸۳	انجمن آهن و فولاد ایران	اسفند ۱۳۸۳	۲۵۰/۰۰۰
۸	مجموعه مقالات سمپوزیوم فولاد ۸۴	انجمن آهن و فولاد ایران	اسفند ۱۳۸۴	۲۵۰/۰۰۰
۹	مجموعه مقالات سمپوزیوم فولاد ۸۵	انجمن آهن و فولاد ایران	اسفند ۱۳۸۵	۲۵۰/۰۰۰
۱۰	مجموعه مقالات سمپوزیوم فولاد ۸۶	انجمن آهن و فولاد ایران	بهمن ۱۳۸۶	۳۰۰/۰۰۰
۱۱	مجموعه مقالات سمپوزیوم فولاد ۸۷	انجمن آهن و فولاد ایران	اسفند ۱۳۸۷	۳۰۰/۰۰۰
۱۲	مجموعه مقالات سمپوزیوم فولاد ۸۸	انجمن آهن و فولاد ایران	اسفند ۱۳۸۸	۳۰۰/۰۰۰
۱۳	مجموعه مقالات سمپوزیوم فولاد ۸۹	انجمن آهن و فولاد ایران	اسفند ۱۳۸۹	۳۰۰/۰۰۰
۱۴	مجموعه مقالات سمپوزیوم فولاد ۹۰	انجمن آهن و فولاد ایران	اسفند ۱۳۹۰	۳۰۰/۰۰۰
۱۵	مجموعه مقالات سمپوزیوم فولاد ۹۱	انجمن آهن و فولاد ایران	اسفند ۱۳۹۱	۳۳۰/۰۰۰
۱۶	مجموعه مقالات سمپوزیوم فولاد ۹۲	انجمن آهن و فولاد ایران	اسفند ۱۳۹۲	۴۵۰/۰۰۰
۱۷	مجموعه مقالات سمپوزیوم فولاد ۹۳	انجمن آهن و فولاد ایران	اسفند ۱۳۹۳	۵۵۰/۰۰۰
۱۸	Physical Metallurgy of Steel(2001)	Glyn Meyrick - Robert H. wagoner-wei Gan	زمستان ۸۲	۵۰/۰۰۰
۱۹	Introduction to the Economics of Structural	The Southern African Institute	زمستان ۸۲	۵۰/۰۰۰
۲۰	Steels "Microstructure and Properties", Third Edition	H. K. D. H. Bhadeshia and Sir Robert Honeycombe	شهریور ۸۷	۱۰۰/۰۰۰
۲۱	Advanced High Strength Steel (AHSS) Application Guidelines, Version 3	International Iron & Steel Institute	شهریور ۸۷	۵۰/۰۰۰

ردیف	عنوان	گردآورنده	تاریخ انتشار	مبلغ (ریال)
۲۱	کتاب فولاد سازی ثانویه	مهندس محمد حسین نشاطی	شهریور ماه ۸۴	۱۰۰/۰۰۰
۲۲	کتاب فرهنگ جامع مواد	مهندس پرویز فرهنگ	شهریور ماه ۸۸	۲۰۰/۰۰۰
۲۳	فصلنامه علمی - خبری پیام فولاد از شماره الغایت شماره ۵۷	انجمن آهن و فولاد ایران	از پاییز ۹۰ لغایت زمستان ۹۳	۵۰/۰۰۰
۲۴	مجله علمی - پژوهشی بین المللی انجمن آهن و فولاد ایران (International Journal of Iron & Steel Society of Iran)	انجمن آهن و فولاد ایران	از پاییز ۸۹ لغایت پاییز ۹۳	افراد حقیقی ۱۰۰/۰۰۰ مؤسسات حقوقی ۲۰۰/۰۰۰
۲۵	کتاب راهنمای انتخاب و کاربرد فولاد ابزار	مهندس محمد حسین نشاطی	اسفند ماه ۸۸	۵۰/۰۰۰
۲۶	کتاب مرجع فولاد	مهندس محمد حسن جولزاده	آذر ماه ۸۹	۳۰/۰۰۰
۲۷	کتاب مرجع فولاد ۱۳۹۰	مهندس محمد حسن جولزاده	آذر ماه ۹۰	۴۵/۰۰۰
۲۸	کتاب مرجع فولاد ۱۳۹۱	مهندس محمد حسن جولزاده	آذر ماه ۹۱	۵۵/۰۰۰
۲۹	کتاب مرجع فولاد ۱۳۹۲	مهندس محمد حسن جولزاده	آذر ماه ۹۲	۸۰/۰۰۰
۳۰	کتاب مرجع فولاد ۱۳۹۳	مهندس محمد حسن جولزاده	آذر ماه ۹۳	۱۵۰/۰۰۰

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





ISSI

درخواست عضویت حقیقی و حقوقی در انجمن آهن و فولاد ایران

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

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

امضاء:

تاریخ:

مدارک لازم برای عضویت:

- ۱- برگ درخواست عضویت تکمیل شده
- ۲- فتوکپی آخرین مدرک تحصیلی (برای دانشجویان ارائه کپی کارت دانشجویی کافی است.) + دو قطعه عکس ۳×۴.
- ۳- فیش بانکی به مبلغ (برای مؤسسات حقوقی وابسته ۵/۵۰۰/۰۰۰ ریال، برای اعضاء حقیقی ۵۵۰/۰۰۰ ریال، برای دانشجویان ۲۸۰/۰۰۰ ریال) به حساب شماره ۰۲۰۲۸۳۱۶۲۷۰۰۲ بانک ملی ایران شعبه دانشگاه صنعتی اصفهان (کد شعبه ۳۱۸۷) بنام انجمن آهن و فولاد ایران.
- ۴- ارسال فیش واریزی از طریق (فکس: ۳۳۹۳۲۱۲۴-۰۳۱، پست و یا تحویل حضوری)



انجمن آهن و فولاد ایران



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

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

منتشر می نماید.

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

ضمناً مقالات بایستی تحت یکی از عناوین زیر تهیه گردند.

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

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

آهن و فولاد ایران، کدپستی: ۸۳۱۱۱-۸۴۱۵۶

دبیرخانه مجله بین المللی انجمن آهن و فولاد ایران

تلفن: ۲۴-۳۳۹۳۲۱۲۱-۳۳۱ (۰۳۱)، دورنویس: ۳۳۹۳۲۱۲۴ (۰۳۱)

E-mail: journal@issiran.com

website: journal.issiran.com

GUIDE FOR PREPARATION OF MANUSCRIPT

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

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

2. Category

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

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

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

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

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

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

Essential title page information

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

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

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

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

main, affiliation address. Superscript Arabic numerals are used for such footnotes.

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

Classification

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

راهنمای اشتراک فصلنامه پیام فولاد

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

- ۱- فرم اشتراک را کامل و خوانا پر کرده و کدپستی و شماره تلفن را حتماً قید فرمائید.
- ۲- مبلغ اشتراک را می‌توانید از کلیه شعب بانک ملی ایران در سراسر کشور به حساب کوتاه مدت سیبا به شماره ۰۲۰۲۸۳۱۶۲۷۰۰۲ بنام انجمن آهن و فولاد ایران در بانک ملی شعبه دانشگاه صنعتی اصفهان (کد ۳۱۸۷) حواله نمائید و اصل فیش بانکی را همراه با فرم تکمیل شده اشتراک به نشانی:
اصفهان، بلوار دانشگاه صنعتی اصفهان، شهرک علمی تحقیقاتی اصفهان، پارک علم و فناوری شیخ بهایی، ساختمان انجمن آهن و فولاد ایران، کدپستی: ۸۳۱۱۱-۸۴۱۵۶ ارسال فرمائید.
- ۳- کپی فیش بانکی را تا زمان دریافت نخستین شماره اشتراک نزد خود نگه دارید.
- ۴- مبلغ اشتراک برای یک سال با هزینه پست و بسته‌بندی ۲۵۰۰۰۰ ریال می‌باشد.
- ۵- در صورت نیاز به اطلاعات بیشتر با تلفن‌های ۲۴-۳۳۹۳۲۱۲۱ (۰۳۱) تماس حاصل فرمائید.

فرم اشتراک

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

نام نام خانوادگی نام شرکت یا مؤسسه

شغل تحصیلات سن

نشانی: استان شهرستان خیابان

کوچه کدپستی: صندوق پستی:

تلفن: فاکس:

برای اعضاء انجمن این نشریه بصورت رایگان ارسال می‌گردد.

تعارفه آگهی در فصلنامه پیام فولاد

مجله پیام فولاد انجمن آهن و فولاد ایران به صورت فصلنامه بیش از پانزده سال است که افتخار دارد تا به عنوان نشریه علمی-خبری مطالب را به صورت تخصصی در زمینه آهن و فولاد و صنایع وابسته به آن در تیراژ ۱۰۰۰ نسخه و توزیع گسترده و پی در پی به مراکز علمی و تحقیقاتی، صنعتی، تولیدی، کارخانجات، مدیران، اساتید، کارشناسان و دانشجویان و... در اختیار مخاطبان قرار دهد. در همین راستا این فصلنامه می تواند به عنوان ابزاری مناسب، اطلاعات همه جانبه و فراگیری را به خوانندگان خود اختصاص دهد. در جدول زیر تعارفه ها با توجه به محل درج آگهی آورده شده است.

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

توضیحات:

- ۱- به اعضاء محترم حقوقی انجمن آهن و فولاد ایران ۱۰٪ تخفیف تعلق می گیرد.
 - ۲- به هر چهار تبلیغ متوالی از یک شرکت که بصورت سالیانه در نشریه چاپ گردد، ۱۰٪ تخفیف تعلق می گیرد.
 - ۳- چنانچه آگهی رنگی نیاز به طراحی داشته باشد مبلغ ۶۰۰/۰۰۰ ریال به هزینه های فوق اضافه خواهد شد.
 - ۴- قطع مجله A₄ می باشد.
- متقاضیان درج آگهی در فصلنامه پیام فولاد، لازم است پس از انتخاب محل درج آگهی (طبق جدول فوق) مبلغ مربوطه را به حساب شماره ۰۲۰۲۸۳۱۶۲۷۰۰۲ بانک ملی ایران شعبه دانشگاه صنعتی اصفهان (کد شعبه ۳۱۸۷) بنام انجمن آهن و فولاد ایران واریز و فیش مربوطه را به بیوست فرم تکمیل شده ذیل به شماره تلفن ۴-۳۳۹۳۲۱۲۱-۳۱ فاکس نمایند.
- جهت مشاهده شماره های گذشته مجله و دانلود به آدرس سایت انجمن به نشانی www.issiran.com مراجعه نمایید.

فرم مشخصات متقاضی درج آگهی در فصلنامه پیام فولاد

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



شبهه مقاله برای فصلنامه پیام فولاد

۵- جداول و نمودارها با سطر بندی و ستون بندی مناسب ترسیم شده و در مورد جداول شماره و شرح آن در بالا و در مورد اشکال در زیر آن درج گردد. واحدهای سیستم بین المللی (SI) برای آحاد در نظر گرفته شود.

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

۷- واژه ها و پی نوشت ها: بالای واژه های متن مقاله شماره گذاری شده و اصل لاتین واژه با همان شماره در واژه نامه ای که در انتهای مقاله تنظیم می گردد درج شود.

۸- منابع و مراجع: در متن مقاله شماره مراجع در داخل کروشه [] آورده شود و با همان ترتیب شماره گذاری شده مرتب گردیده و در انتهای مقاله آورده شوند.

مراجع فارسی از سمت راست و مراجع لاتین از سمت چپ نوشته شوند.

در فهرست مراجع درج نام مؤلفان یا مترجمان - عنوان مقاله - نام نشریه - شماره جلد - صفحه و سال انتشار ضروری است.

سایر نکات مهم

- تایپ مقالات صرفاً با نرم افزار Microsoft Word انجام شود.
- از تایپ شماره صفحه خودداری شود.
- مطالب تنها بر یک روی کاغذ A₄ (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 A₄ 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.