



ریخته‌گری

انتشارات جامعه ریخته‌گران ایران/سال ۴۱/شماره ۱۲۹/بهار ۱۴۰۱

ISSN 1028-3897

فهرست مطالب:

- حامل های انرژی و نگاهی به ملاحظات زیست محیطی صنعت آهن و فولاد تا اول سال ۲۰۲۲، پیش بینی استفاده زیاد از هیدروژن سبز بجای انرژی های فسیلی در تولید فولاد سال ۲۰۳۰ دنیا (قسمت اول) ۳
مهندس هومن طیبی، دکتر مهندس سید تقی نعیمی،
- ارزیابی آلیاژهای جدید ریختگی آلومینیم $AlSi_9Mg$ برای سرسیلندرهای خودرو..... ۱۲
عبدالحمید قدیمی
- آیین نامه ایمنی در صنایع ریخته گری (قطعه ریزی و لوله ریزی) (قسمت دوم) ۲۲
جامعه ریخته گران ایران
- اخبار ایران و جهان..... ۲۷
- اثر اندازه عیب بر ازدیاد طول نسبی قطعات ریختگی آلومینیومی..... ۳۵
شیوا خاتمی زاده
- پرسش و پاسخ ۴۰
- واژه نامه ۴۳

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ



ریخته‌گری
انتشارات جامعه ریخته‌گران ایران / سال ۴۱ / شماره ۱۲۹ / بهار ۱۴۰۱
ISSN 1028-3897

قابل توجه علاقمندان به چاپ مقاله در فصلنامه تخصصی
ریخته‌گری:

علاقمندان به چاپ مقالات در فصلنامه ریخته‌گری، می‌توانند
مقالات خود را بر اساس الگوی نگارش مقالات به نشانی
irfs.edu@gmail.com ارسال کنند.

قابل توجه علاقمندان به نشریات تخصصی گروه انتشارات
انجمن علمی ریخته‌گری ایران:

از کلیه اعضای دانشجویی، حقیقی و حقوقی این انجمن
درخواست می‌شود هر گونه تغییر در نشانی، شماره تماس
یا شماره دورنگار خود را به روابط عمومی این انجمن اطلاع
دهند. بدیهی است در صورت صحیح نبودن نشانی پستی، این
انجمن هیچگونه مسئولیتی در قبال ارسال به موقع نشریات به
دریافت‌کنندگان نخواهد داشت.

نشانی نشریه: تهران، خیابان بهار شمالی، جنب اداره برق،
شماره ۱۷۴، طبقه سوم کدپستی: ۱۵۷۳۶۳۵۸۶۳
تلفن: ۸۸۸۲۴۹۲۷-۸۸۸۲۷۲۰۲، دورنگار: ۸۸۸۲۳۴۹۰
Website: www.irfs.ir
Email: irfs.edu@gmail.com
Telegram: irfs1359

زیر نظر گروه انتشارات مجری طرح: نگارین پرتو (۷۷۵۳۰۳۰۷)
چاپ خانه: چاپ علوی تهران

صاحب امتیاز: جامعه ریخته‌گران ایران
مدیر مسئول: دکتر پرویز دوامی
سرمدیر: دکتر جلال حجازی
مدیر اجرایی: دکتر مهرداد عضو امینیان

هیات اجرایی:

مهندس اسدالله اسلامی (فولاد طبرستان)
مهندس عبدالحمید قدیمی (انجمن صنفی ریخته‌گری ایران)
مهندس شیوا خاتمی‌زاده (انجمن علمی ریخته‌گری ایران)

هیات تحریریه:

دکتر حسین آشوری (دانشگاه صنعتی شریف)
مهندس اسدالله اسلامی (فولاد طبرستان)
دکتر هاشم بنی هاشمی (انجمن علمی ریخته‌گری ایران)
دکتر جلال حجازی (دانشگاه علم و صنعت ایران)
دکتر پرویز دوامی (دانشگاه صنعت شریف)
دکتر مهدی دیواندردی (دانشگاه علم و صنعت ایران)
دکتر سعید شبستری (دانشگاه علم و صنعت ایران)
دکتر نجم الدین عرب (دانشگاه آزاد اسلامی)
دکتر مهرداد عضو امینیان (دانشگاه آزاد اسلامی)
مهندس عبدالحمید قدیمی (انجمن صنفی ریخته‌گری ایران)
دکتر سید محمد حسین میر باقری (دانشگاه امیرکبیر تهران)
مهندس شیوا خاتمی‌زاده (انجمن علمی ریخته‌گری ایران)



ریخته‌گری

انتشارات جامعه ریخته‌گران ایران/ سال ۴۱/ شماره ۱۲۹/ بهار ۱۴۰۱

فهرست مطالب:

- حامل های انرژی و نگاهی به ملاحظات زیست محیطی صنعت آهن و فولاد تا اول سال ۲۰۲۲، پیش بینی استفاده زیاد از هیدروژن سبز بجای انرژی های فسیلی در تولید فولاد سال ۲۰۳۰ دنیا (قسمت اول) ۳
مهندس هومن طیبی، دکتر مهندس سید تقی نعیمی،
- ارزیابی آلیاژهای جدید ریختگی آلومینیم $AlSi9Mg$ برای سرسیلندرهای خودرو..... ۱۲
عبدالحمید قدیمی
- آیین نامه ایمنی در صنایع ریخته‌گری (قطعه ریزی و لوله ریزی) (قسمت دوم)..... ۲۲
جامعه ریخته‌گران ایران
- اخبار ایران و جهان..... ۲۷
- اثر اندازه عیب بر ازدیاد طول نسبی قطعات ریختگی آلومینیومی..... ۳۵
شیوا خاتمی زاده
- پرسش و پاسخ ۴۰
- واژه نامه ۴۳

نشانی نشریه: تهران، خیابان بهار شمالی، جنب اداره برق، شماره ۱۷۴، طبقه سوم
کدپستی: ۱۵۷۳۶۳۵۸۶۳ تلفن: ۸۸۸۲۷۲۰۲-۸۸۸۲۴۹۲۷، دورنگار: ۸۸۸۲۳۴۹۰
لیتوگرافی (نگارین پرتو): ۷۷۵۳۰۳۰۷
Websit: www.irfs.ir Email: irfs.edu@gmail.com Telegram: irfs1359

حامل های انرژی و نگاهی به ملاحظات زیست محیطی صنعت آهن و فولاد تا اول سال ۲۰۲۲ پیش بینی استفاده زیاد از هیدروژن سبز بجای انرژی های فسیلی در تولید فولاد سال ۲۰۳۰ دنیا (قسمت اول)

Energy Carriers and Environmental Consideration look to Iron and Steel Industries in 2022, Predicting Green Hydrogen Use Instead of Fossil Fuels in Steel Production in the World in 2030 (Part I)

مهندس هومن طیبی، دکتر مهندس سید تقی نعیمی، کارشناس رسمی دادگستری

پیشگفتار

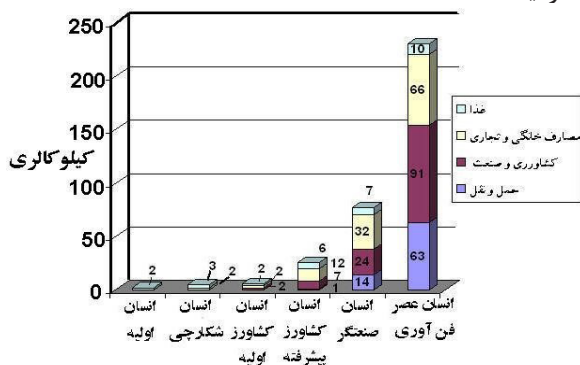
بشر از قرنهای گذشته تا کنون آورده و کوشش میگردد بر مبنای بررسی ذخائر شناخته شده نفت، گاز، ذغال سنگ با در نظر گرفتن میزان تولید نفت، گاز، ایران و دنیا به خصوص نسبت ذخائر گاز و نفت به تولید و مصرف آنها به تجزیه و تحلیل وضعیت خاص ایران در سال ۲۰۲۰ پرداخته شود. با توجه به لزوم جلوگیری از افزایش حرارت کره زمین در سالهای آینده لزوم جایگزینی مصرف هیدروژن سبز بجای حاملهای انرژی فسیلی مصرفی در تولید فولاد خام مختصری بیان گردید.

سرآغاز زندگی اجتماعی و تمدن بشر، با شناخت و کاربرد فلزات همزمان بوده است. در تحقق و تکوین توسعه حیرت انگیز صنعت و تکامل نسبی تکنولوژی امروزی عناصر و مصالح فلزی دخالت مستقیم داشته و دارند. تهیه مصنوعات آهنی از سنگ آهن فقط مسأله عصر حاضر نیست، بلکه سابقه طولانی در تاریخ تمدن بشری دارد.

تولید محصولات فولادی امروزی به مصرف زیاد حاملهای انرژی فسیلی نیاز دارد. مصرف حاملهای انرژی فسیلی سبب تولید مقدار زیاد گاز CO₂ میگردد. حدود ۲۵ درصد کل گاز CO₂ تولیدی صنایع سال ۲۰۲۱ دنیا در اثر تولید حدود ۱,۹۱۲ میلیون تن فولاد بوجود آمده است.

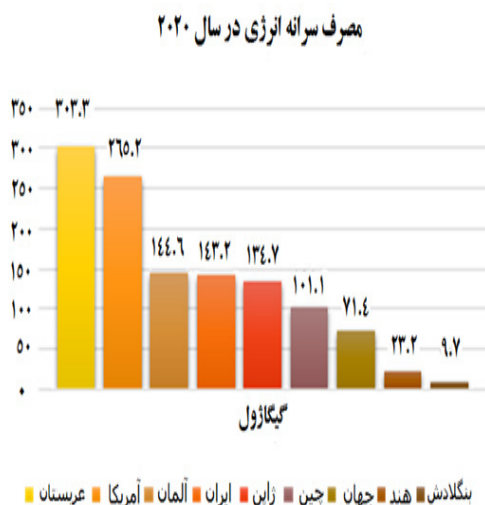
بشر برای تولید بیشتر فولاد، محصولات پتروشیمی، سیمان و ... سالانه بخصوص در چند سال اخیر انرژی های فسیلی بیشتری مصرف نموده است.

به عبارت دیگر رفاه ظاهری امروزه بشر در اثر مصرف بیش از پیش حاملهای انرژی فسیلی تامین گردید افزایش مصرف حاملهای انرژی برای توسعه اقتصاد جهانی عملاً اجتناب ناپذیر بوده است در این مقاله مختصری در ارتباط روند افزایش تدریجی مصرف انرژی



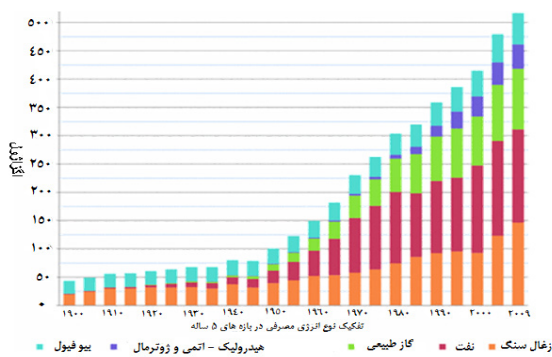
شکل (۱) مقدار انرژی مصرفی بشر در طول تاریخ سهم تقریبی هر بخش از کل انرژی مصرفی توسط انسان را نشان میدهد. (۱)

کل جمعیت جهان را تشکیل میدادند. شکل ۲ سرانه مصرف انرژی در سال ۲۰۲۰ کشورهای مختلف را نشان می دهد (۳)



شکل ۲) سرانه مصرف انرژی در کشورهای مختلف جهان برحسب میلیون تن نفت خام در سال ۲۰۲۰ را نشان میدهد. (۳)

مصرف سرانه انرژی ایران در سال ۲۰۲۰ حدود ۱۴۳/۲ گیگاژول کشورهای هم جوار ایران: پاکستان ۱۵,۷ و ترکیه ۷۴/۶ و عراق ۵۱/۳ و کویت ۳۵۲/۹ و امارات ۴۲۳/۷ و آذربایجان ۶۱/۳ و افغانستان ۲۷/۶ گیگاژول بود.



شکل ۳) انواع انرژی مصرفی از سال ۱۹۰۰ تا ۲۰۰۹ در بازه های ۵ ساله (۵ و ۴)

رشد مصرف سرانه انرژی ایران نسبت به میانگین رشد سرانه مصرف انرژی دنیا در بیست سال اخیر بسیار زیاد بوده است. بدون اینکه رشد اقتصادی ایران نسبت به میانگین رشد اقتصادی دنیا افزایش چندانی در این مدت نموده باشد به عبارت دیگر رشد مصرف انرژی ایران در مدت بیست سال اخیر افزایش چشم گیری نسبت به میانگین دنیا را نشان میدهد. اتلاف انرژی در ایران عملاً بیشتر از کشورهای پیشرفته دنیا میباشد چنانچه این روند افزایشی مصرف انرژی خانگی ایران در سالهای آینده ادامه داشته باشد و سرمایه گذاری لازم برای بهره برداری بیشتر از منابع خدادادی گازی طبیعی انجام نگردد متاسفانه باید گفت حداکثر در وضعیت فعلی

در طول تاریخ، بشر برای پیشبرد منافع خویش همواره حامل های انرژی و مواد را از شکلهای غیردلخواه به انواع مطلوب تر تبدیل نموده است. به عنوان نمونه انرژی را از شکل علوفه به گوشت، از چوب به گرما و زغال سنگ، گاز و نفت را به برق تبدیل کرده است. توان کاری یک انسان سالم در بهترین شرایط حدود ۱۰۰ وات است [۱].

زمانی در حدود یک میلیون سال پیش بشر اولیه پا به عرصه وجود گذاشت، هنوز مسیر درازی را برای رسیدن به تکامل نسبی انرژی خویش پیشرو داشته است. نیاکان اولیه ما، هنوز طریقه روشن کردن آتش و استفاده از آن را نیاموخته بودند و از این رو بشر اولیه فقط به مواد غذایی که مصرف می نمود به عنوان تنها منبع انرژی در دسترس خویش اکتفا می کرد. مقدار مصرف روزانه انرژی او در حدود ۲ کیلوکالری تخمین زده می شود.

با تکامل تدریجی بشر مقدار مصرف روزانه انرژی انسان های ساکن اروپا در حدود ۱۰۰ هزار سال پیش تقریباً ۲/۵ برابر مقدار اولیه افزایش یافت [۱]. چنین افزایشی در مقدار انرژی مصرفی حاصل آموختن روش های مناسب تر برای دست یابی به غذا نظیر شکار حیوانات و همچنین استفاده از چوب به عنوان سوخت برای گرمایش و پخت و پز بوده است. با آغاز انقلاب کشاورزی در حدود ۵۰۰۰ سال قبل مقدار انرژی مصرفی روزانه بشر به حدود ۱۲/۵ کیلوکالری در روز رسید که این افزایش منتج از آموختن چگونگی به کارگیری حیوانات برای استفاده در مزارع می باشد [۱]. با گذشت ۱۴۰۰ سال از میلاد مسیح مقدار مصرف روزانه انرژی بشر به حدود ۲۵ کیلوکالری در روز رسید که این افزایش نتیجه استفاده انسان از نیروی باد، جریان آب، درک چگونگی استفاده از زغال سنگ برای گرمایش فضای منازل و استفاده سیستماتیک از حیوانات برای حمل و نقل بوده است.

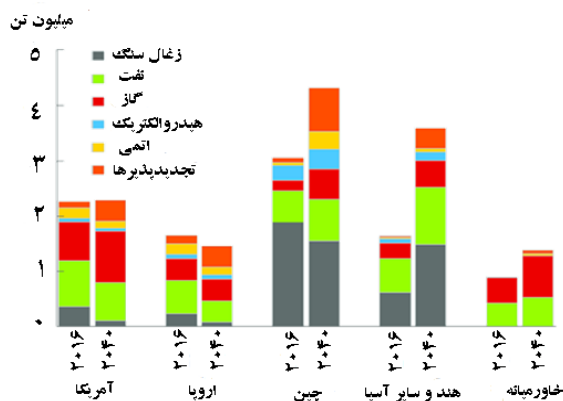
در سال ۱۸۷۵ با اختراع ماشین بخار به طور ناگهانی مصرف روزانه انرژی بشر سه برابر شد و به حدود ۷۵ کیلوکالری در روز رسید. در حالی که افزایش مصرف انرژی توسط انسان تا این تاریخ روندی کند و آهسته را پشت سر می گذاشت، ولی با اختراع ماشین بخار و آغاز عصر انقلاب صنعتی مصرف روزانه انرژی بشر در مدت زمان نسبتاً کوتاهی سیر صعودی را طی نمود. با دسترسی به فناوری های پیشرفته هر نفر آمریکائی در دهه ۱۹۷۰ میلادی به طور متوسط روزانه ۲۳۰ کیلوکالری انرژی مصرف می کرد [۲]. به عبارت دیگر مقدار مصرف انرژی روزانه بشر در ۵۰ سال پیش حدود ۱۱۵ برابر بیشتر از انسان نخستین شده است.

امروزه مصرف انرژی کشورهای مختلف به هیچ وجه یکنواخت و متوازن نمی باشد. براساس آمار موجود [۳] در سال ۲۰۲۰ سرانه مصرف انرژی در کشورهایی با بالاترین مصرف انرژی حداقل ۵۹ برابر سرانه مصرف انرژی در کشورهایی با کم ترین مقدار مصرف انرژی بوده است (بنگلادش ۹/۷ و قطر ۵۹۴). بیش از ۳۸/۹ درصد انرژی جهان در سال ۲۰۲۰ در ۳۰ کشور عضو سازمان توسعه و همکاری های اقتصادی (OECD) مصرف شده است. براساس آمار سازمان ملل متحده این کشورها در سال ۲۰۲۰ حدود ۱۸ درصد از

دهند، موجبات رشد و توسعه اقتصادی کشور خود را در سال های اخیر بدون افزایش مصرف انرژی فراهم نمودند. به عبارت دیگر رشد اقتصادی آنها در سال های اخیر بیشتر با افزایش بهره وری انرژی و سایر اقدامات فنی امکان پذیر شده است. در همین حال مقدار کل انرژی مصرفی کشورهای نظیر هند، ایران و چین با رشدی سریع از سالهای قبل در حال افزایش است. عملاً بهره وری انرژی ایران خیلی کمتر از کشورهای صنعتی می باشد. بهره وری انرژی در چین در چند سال اخیر سالانه افزایش یافته است مصرف کل انرژی چین در سال ۲۰۲۱ تقریباً به مصرف آمریکا نزدیک شده است. احتمالاً چنانچه رشد اقتصادی چین در سالهای آینده مانند سالهای قبل از شروع اپیدمی کووید ۱۹ باشد مصرف انرژی چین احتمالاً بیشتر از آمریکا خواهد شد. یکی از فاکتورهای مؤثر در افزایش درصد رشد مصرف انرژی سالهای اخیر ایران سیاست غلط قیمت گذاری حاملهای انرژی در ایران بوده است.

همانطوریکه دیده میشود رشد مصرف انرژی های فسیلی دنیا با سرعتی کمتر از دو دهه قبل تا سال ۲۰۳۰ ادامه خواهد داشت. سرانه رشد انرژی های فسیلی در دهه چهارم قرن اخیر عملاً با توجه به پیش بینی افزایش جمعیت دنیا ناچیز خواهد بود.

پیش بینی میشود در دهه پنجم قرن اخیر میزان مصرف انرژی های فسیلی از دهه چهارم کمتر بشود به عبارت دیگر بعد از دهه چهارم قرن اخیر مصرف انرژی های فسیلی سالانه دنیا روند کاهشی خواهد داشت.



شکل ۴) پیش بینی مصرف انواع انرژی به تفکیک منطقه ای را نشان میدهد (۳)

باگذشت زمان بشر همواره تلاش نموده است که منابع تأمین انرژی خویش را تنوع و تکثر ببخشد. ولی با این حال و از زمان اختراع ماشین بخار و آغاز انقلاب صنعتی سوخت های فسیلی تا کنون همواره نقش غیرقابل انکاری برای به حرکت در آوردن چرخ صنایع و رفاه نسبی در جوامع بشری داشته اند پیش بینی میشود حداقل حدود ۵۰ درصد انرژی های فسیلی که در سال ۲۰۲۱ برای تولید فولاد خام دنیا مصرف شدند با مصرف هیدروژن سبز تا سال ۲۰۳۰ جایگزین بشوند. (۸)

ضریب بهره برداری از ذخائر گازی ایران از حدود ۵ سال آینده ایران که دومین ذخیره گازی دنیا را به خود اختصاص میدهد باید گاز از خارج وارد نماید. انشالله مسئولین محترم فعلی کشور از هم اکنون برای کاهش رشد سالانه مصرف خانگی و سرمایه گذاری لازم جهت افزایش استخراج مقدار گاز طبیعی نه برای مصرف خانگی بلکه جهت صادرات اقدامات موثر لازم مبذول فرمایند .

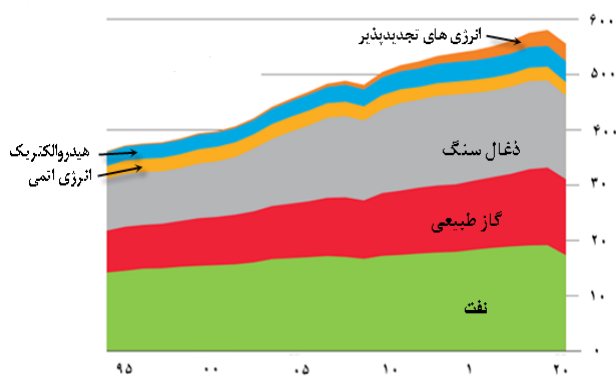
براساس پیش بینی ها سرانه مصرف انرژی تا سال ۲۰۳۰ در کشورهای پیشرفته در مقایسه با کشورهای در حال توسعه همچنان چند برابر باقی خواهد ماند [۴] شکل ۴ پیش بینی مصرف انواع انرژی به تفکیک منطقه ای را نشان می دهد. همان طور که در این شکل دیده می شود، بر اساس پیش بینی ها در سال ۲۰۳۰ سرانه مصرف نفت در کشورهای کانادا و ایالات متحده آمریکا بیش از ۹ برابر سرانه مصرف نفت در کشورهای جنوب آسیا خواهد بود. پس از ایالات متحده آمریکا و کانادا، ۳۰ کشور پیشرفته عضو سازمان توسعه و همکاری های اقتصادی بیشترین میزان مصرف نفت را در سال ۲۰۳۰ خواهند داشت [۴]

جدول (۱) میزان مصرف انرژی ۲۰۱۱ تا ۲۰۲۰ در ایران و دنیا و بعضی از کشورهای مختلف جهان (برحسب میلیون تن معادل نفت) و درصد تغییرات مصرف هر سال به سال قبل را نشان میدهد. (۶)

سال	آمریکا	آلمان	چین	ژاپن	ایران	عربستان	بنگلادش	هند	جهان
۲۰۱۱	۹۲.۰۵	۱۳.۲	۱۱۲.۵۴	۲۰.۰۲	۹.۱۱	۹.۱۸	-۰.۹۸	۲۳.۸	۵۱۷.۶۴
۲۰۱۲	-۰.۸۶	-۰.۵	۸.۲۵	-۱.۰۹	-۰.۳۹	-۰.۴۴	-۰.۰۸	۱.۳۲	۱۲.۲۶
۲۰۱۳	۸۹.۶۲	۱۳.۳۷	۱۱۷.۰۵	۱۹.۸۹	۹.۲۱	۹.۷۴	۱.۰۵	۲۵.۰۴	۵۲۴.۶۱
۲۰۱۴	-۲.۴۳	-۰.۱۷	۴.۵۱	-۰.۱۳	-۰.۱	-۰.۵۶	-۰.۰۷	۱.۲۴	۶.۹۷
۲۰۱۵	۹۲.۰۴	۱۳.۷۴	۱۲۱.۳۸	۱۹.۷۳	۹.۵۵	۹.۷۸	۱.۰۸	۲۶.۰۲	۵۲۴.۳۲
۲۰۱۶	۲.۴۲	-۰.۳۷	۴.۳۳	-۰.۱۶	-۰.۳۴	-۰.۴	-۰.۰۳	-۰.۹۸	۹.۷۱
۲۰۱۷	۹۲.۹۹	۱۳.۱۶	۱۲۴.۸۲	۱۹.۲۲	۹.۹۸	۱۰.۴۹	۱.۱۲	۲۷.۷۹	۵۳۹.۵۶
۲۰۱۸	-۰.۹۵	-۰.۵۸	۳.۴۴	-۰.۵۱	-۰.۴۳	-۰.۷۱	-۰.۰۴	۱.۷۷	۵.۲۴
۲۰۱۹	۹۲.۰۹	۱۳.۴	۱۲۶.۵۳	۱۸.۹۳	۹.۹۳	۱۰.۸۲	۱.۳۱	۲۸.۶۸	۵۴۴.۴
۲۰۲۰	-۰.۹	-۰.۲۴	۱.۷۱	-۰.۳	-۰.۰۵	-۰.۳۳	-۰.۱۹	-۰.۸۹	۴.۸۵
۲۰۱۶	۹۱.۹۶	۱۳.۶۲	۱۲۸.۶۳	۱۸.۷	۱۰.۴	۱۰.۹۶	۱.۳۳	۲۹.۹۵	۵۵۱.۷۴
۲۰۱۷	-۰.۱۳	-۰.۲۲	۲.۱	-۰.۲۲	-۰.۴۷	-۰.۱۴	-۰.۰۲	۱.۲۷	۷.۲۳
۲۰۱۸	۹۲.۲۶	۱۳.۷۸	۱۳۲.۸	۱۸.۹۱	۱۰.۷۹	۱۰.۹۳	۱.۳۸	۳۱.۱۴	۵۶۱.۸۲
۲۰۱۹	-۰.۳	-۰.۱۶	۴.۱۷	-۰.۲۱	-۰.۳۹	-۰.۰۳	-۰.۰۵	۱.۱۹	۱۰.۰۸
۲۰۲۰	۹۵.۶۴	۱۳.۴۴	۱۳۷.۵۸	۱۸.۸	۱۱.۴۲	۱۰.۶۵	۱.۴۷	۳۳.۱۴	۵۷۶.۱۳
۲۰۲۱	۲.۳۸	-۰.۳۴	۴.۷۸	-۰.۱۱	-۰.۶۳	-۰.۲۸	-۰.۰۹	۲	۱۴.۳۱
۲۰۱۹	۹۴.۹	۱۳.۰۵	۱۴۲.۰۳	۱۸.۳۷	۱۱.۹۷	۱۰.۶۸	۱.۶۴	۳۳.۸۹	۵۸۱.۵۱
۲۰۲۰	-۰.۷۴	-۰.۳۹	۴.۴۵	-۰.۴۳	-۰.۵۵	-۰.۰۳	-۰.۱۷	-۰.۷۵	۵.۲۸
۲۰۲۰	۸۷.۷۹	۱۲.۱۱	۱۴۵.۶	۱۷.۰۳	۱۲.۰۳	۱۰.۵۶	۱.۵۹	۳۱.۹۸	۵۵۶.۶۳
۲۰۲۱	-۰.۷۱۱	-۰.۹۴	۳.۴۳	-۱.۳۴	-۰.۶	-۰.۱۳	-۰.۰۵	-۱.۹۱	-۲۴.۸۸

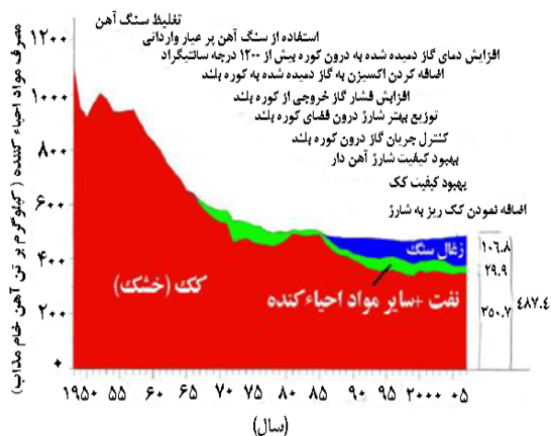
براساس آمارهای موجود میزان کل مصرف انرژی کشورهای صنعتی جهان در ده سال اخیر تقریباً ثابت باقی مانده یا کمتر شده است [۷]. جدول ۱ تغییرات مقدار انرژی مصرفی چند کشور جهان از سال ۲۰۱۱ تا ۲۰۲۰ را نشان می دهد. همان گونه که در این جدول دیده می شود، مصرف کل انرژی کشورهای نظیر آمریکا ، ژاپن و ... در سالهای اخیر تقریباً ثابت باقی مانده یا کم شده است. این کشورها بیشتر کوشش نموده و می نمایند بدون افزایش مصرف انرژی با افزایش کیفیت ، ارزش افزوده محصولات تولیدی خویش را انجام

سالهای ۲۰۳۰ تا ۲۰۴۰ خیلی کمتر از افزایش آن تا سال ۲۰۳۰ خواهد بود. روند کاهش مصرف انرژی در تولید فولاد خام بخصوص در ۵۰ سال اخیر صنایع آهن و فولاد از جمله مهم ترین بخش های مصرف کننده انرژی های فسیلی تا به امروز در جهان هستند و مسئول رها کردن حدود ۶ درصد از کل گاز دی اکسید کربن سال ۲۰۲۱ در دنیا به محیط زیست با مصرف سوخت های فسیلی بودند [۵ و ۲]. از این رو انگیزه های اقتصادی و همچنین زیست-محیطی سبب شده است که متخصصین صنایع تولید فولاد در سطح جهان تلاش زیادی را از ۵۰ سال قبل جهت کاهش مصرف کل انرژی به ازاء تن تولید فولاد را برای کاهش تولید گازهای گلخانه ای به طور اخص و کاهش مصرف انرژی به طور اعم به ازاء هر تن تولید محصولات فولادی انجام داده و میدهند.



شکل ۶. روند تغییر سهم انرژی های مختلف مصرفی جهانی بر حسب اگزاژول تا سال ۲۰۲۰ را نشان میدهد. (۳)

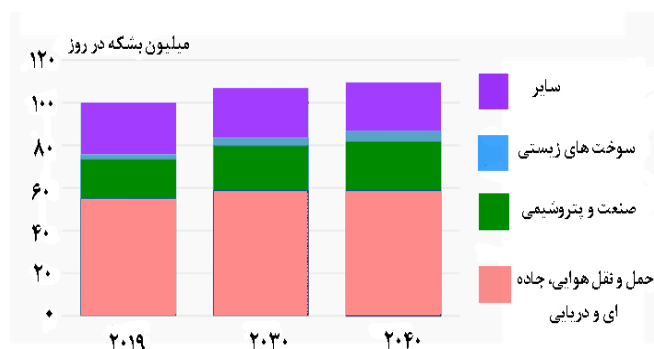
تکامل تدریجی تکنولوژی فرآیند تولید فولاد که عمدتاً نتیجه تحقیقات ۵۰ سال اخیر این صنعت در سطح جهان است، سبب شد تا مصرف ویژه انرژی به ازاء تولید یک تن محصولات فولادی در سال ۲۰۲۰ در کشورهای صنعتی نسبت به ۳۰ سال قبل حدود ۴۰٪ کاهش یابد [۱۰].



شکل ۷. تمهیداتی که سبب کاهش یا جایجائی مصرف حاملهای انرژی بازاء تن تولید آهن خام مذاب شده است (۱ و ۲)

شکل ۶ سهم هریک از انرژی های فسیلی و غیرفسیلی را در طول ۲۵ سال اخیر جهان را نشان می دهد. نفت، گاز و زغال سنگ به ترتیب حدوداً ۳۰، ۲۲،۱ و ۲۷ درصد انرژی مصرفی جهان را در سال ۲۰۲۰ تأمین نموده اند، به عبارت دیگر در مجموع ۷۹،۱ درصد از انرژی جهان در سال ۲۰۲۰ توسط منابع سوخت های فسیلی تأمین شده است [۳]. با این حال ایجاد یک تمایل جهانی در میان کشورهای مختلف برای افزایش بهره وری حاملهای انرژی همچنین کاهش بیشتر وابستگی به منابع سوخت های فسیلی در ۵۰ سال اخیر بخصوص در فرآیند تولید فولاد دنیا واقعیتی غیرقابل انکار است. از دلایل عمده ایجاد چنین روندی را می توان به این موارد اشاره نمود:

۱. افزایش قیمت جهانی این نوع از انرژی ها یا به دلیل محدودیت منابع تأمین آنها و افزایش تقاضا.
 ۲. تجدیدنظیر بودن این منابع و ضرورت یافتن جایگزین مناسب برای این نوع سوخت ها.
 ۳. آلاینده بودن استفاده از این نوع انرژی های فسیلی .
 ۴. استفاده از منابع سوخت های فسیلی سبب افزایش درجه حرارت کره زمین و موجب به خطر افتادن تعادل اکوسیستم محیط زیست در سطح جهان می شود.
- روند کاهش مصرف انرژی های فسیلی بشر به ازاء تولید هر واحد از یک محصول ناشی از تلاش برای حفظ محیط زیست و کاهش هزینه تولید میباشد، به دلیل انگیزه های اقتصادی افزایش سرسام آور قیمت گاز در سال ۲۰۲۱ و اوایل ۲۰۲۲ در اروپا و افزایش قیمت جهانی نفت از اواخر سال ۲۰۲۱ عامل ایجاد تلاش و جنب و جوشی مؤثر در میان مسئولین صنایع مختلف و دولتمردان برای افزایش بهره وری بیشتر انرژی، کاهش هرچه بیشتر وابستگی به سوخت های فسیلی به ویژه نفت و گاز ، همچنین سرمایه گذاری بیشتر در زمینه استفاده از انرژی های تجدیدپذیر نظیر انرژی خورشیدی، باد، زمین-گرمایی و ... بوده و میباشد. (۸)



شکل ۵. تغییرات تقاضا برای محصولات نفتی در کشورهای پیشرفته و صنعتی (۹)

شکل ۵ مویب این است که روند افزایش مصرف انرژی در بین



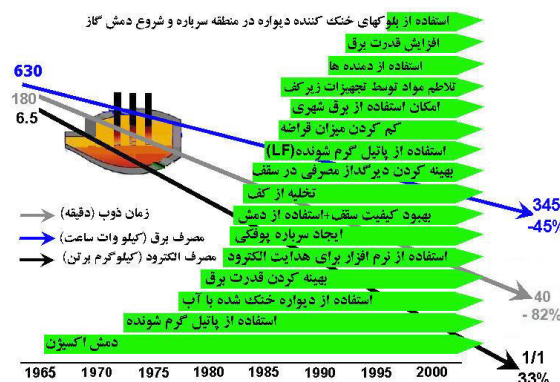
شکل (۱۰) تمهیداتی که از سال ۱۹۶۵ تا ۲۰۱۰ سبب افزایش راندمان تولید، بهبود کیفیت فولاد خام ریخته شده و ... شده است را نشان میدهد (۲)

اتمسفر زمین شامل گازهای فراوانی است که نیتروژن، اکسیژن و آرگون بیشترین مقدار آن را (۹۹/۹۶ درصد) تشکیل می دهند همچنین گازهای دیگر نظیر CO_2 (360)، CH_4 (1/75)، NO_2 (100)، SO_2 (20) و H_2S (برحسب ppm) دیگر اجزاء متشکله اتمسفر کره زمین هستند (۱۳ و ۱۴). برای نخستین بار دانشمند سوئدی نظریه پدیده گلخانه ای را در سال ۱۸۹۶ میلادی ارائه نمود [۹]. به طور کلی گازهای چند اتمی که دارای دو اتم غیر متقارن گازی باشند، نظیر CO_2 ، H_2O ، CH_4 ، NO_2 ، SO_2 ، CO ، H_2O و ... به گازهای گلخانه ای موسومند و اثر جذبی بالایی در اتمسفر زمین دارند. از سوی دیگر گازهای تک اتمی متقارن (نظیر H_2 ، N_2 ، O_2 و ...) به گازهای عبوری موسومند و انرژی جذبی بالایی ندارند [۱۵]. وجود گازهای گلخانه ای به خودی خود برای قابل سکونت بودن زمین الزامی است. هواشناسان معتقدند که وجود گازهای گلخانه ای سبب به وجود آمدن محیطی مناسب در روی زمین برای گیاهان و جانوران می گردد. به طوری که اگر این گازها در جو زمین موجود نبودند، دمای زمین به طور متوسط منهای ۱۸ درجه سانتیگراد می گشت در حالی که هم اکنون دمای زمین به طور متوسط ۱۵/۵+ درجه سانتیگراد است [۱۳ و ۱۴]. این خاصیت گازهای گلخانه ای به خاطر جذب بالای انرژی سوزان ساطع شده از خورشید و نیز انرژی منعکس شده از زمین است. به طور دقیق تر نحوه یاری رساندن گازهای گلخانه ای به روند گرم شدن کره زمین بدین شرح است که این ترکیبات به پرتوی خورشید اجازه عبور آزادانه از اتمسفر کره زمین را می دهند؛ بخشی از پرتوی ورودی پس از برخورد با سطح زمین مجدداً به سمت بالا منعکس می شود. ولی این بار ترکیبات گلخانه ای با جذب نمودن بخش مادون قرمز پرتوی بازتابی، گرم شده و در نتیجه منجر به گرم شدن فضای اطراف خویش و در نهایت کل اتمسفر کره زمین می شوند.

تحولات مهم تکنولوژی کوره بلند که سبب افزایش راندمان و کاهش مصرف انرژی ویژه شد



شکل (۸) تحولات مهم تکنولوژی کوره بلند از سال ۱۹۵۰ تا ۲۰۱۰ که سبب افزایش راندمان و کاهش مصرف انرژی ویژه در کوره بلند بازا تن تولید آهن خام مذاب شده است را نشان میدهد. (۲ و ۱۲)

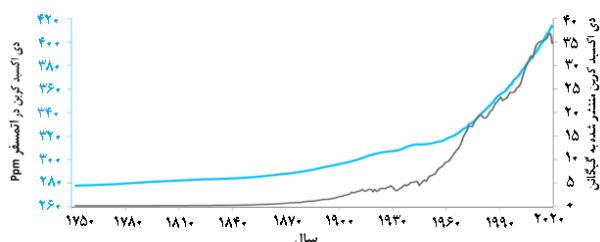


شکل (۹) تمهیداتی که از سال ۱۹۶۵ تا ۲۰۱۰ سبب افزایش راندمان کوره قوس الکتریکی، کاهش مصرف الکتروود همچنین کاهش مصرف برق بازا تن تولید فولاد خام شده است را نشان میدهد (۲ و ۱۲)

گازهای گلخانه ای و افزایش دمای کره زمین:

در این قسمت ضمن ذکر مقدمه ای از اثر گازهای گلخانه ای بر پدیده گرم شدن کره زمین به توصیف برخی از منابع مهم انرژی مصرفی در صنعت تولید فولاد آورده خواهد شد.

زمین از سال ۱۷۵۰ تا سال ۲۰۱۹ روند صعودی داشته است به علت شیوع اپیدمی کووید ۱۹ عملاً فعالیت های اقتصادی دنیا کاهش یافته و مسافرت های هوایی بی نهایت کمتر گردید استفاده از خودروهای شخصی به علت قرنطینه در کشورهای مختلف کاهش یافته به عبارت دیگر عذو شود سبب خیر اگر خدا خواهد درصد انتشار گاز CO_۲ در سال ۲۰۲۰ همانطوریکه در شکل ۱۱ دیده میشود نسبت به سال قبل کاهش چشمگیری یافته است. [۱۶]



شکل (۱۱) مقدار و غلظت دی اکسید کربن منتشر شده و موجود در اتمسفر (۲۰۲۰-۱۷۵۰) را نشان میدهد. (۱۸)

سوختهای مورد استفاده در صنایع تولید فولاد:
۱- نفت:

سابقه استفاده بشر از نفت به ۴۰۰۰ سال پیش از میلاد مسیح باز می گردد. براساس کاوش های باستان شناسی، در این تاریخ و در سواحل رود فرات، یعنی عراق امروزی، مردم از سنگریزه های آغشته به نفت (نفت تراوش کرده از منابع زیرزمینی موجود در این منطقه)، که ظاهری مشابه آسفالت امروزی داشته است، برای پر نمودن فضای خالی میان سنگ سازنده دیوار منازل خویش و عایق کردن حمام ها و قایق ها استفاده می نموده اند. واژه لاتین petroleum از ترکیب دو واژه لاتین petros به معنی سنگ و oleum به معنی روغن بدست آمده است که مجموعاً معنای ترکیبی «روغن سنگ» را تشکیل می دهد. چنین معنایی با کاربرد نفت در دوران باستان مطابقت دارد. یافته های باستان شناسان حکایت از آن دارد که ساکنین کشور چین در ۳۴۷ سال پیش از میلاد مسیح با حفر چاه هایی تا عمق بیش از ۲۴۰ متر توسط شاخه های بامبو که در سر آنها دندانه های برنده ای نصب شده بود، به استخراج نفت می پرداخته اند. نخستین چاه نفت حفر شده در دوران پس از میلاد مسیح (ع) در سال ۱۵۹۴ در منطقه باکو به عمق ۳۵ متر حفر نمودند [۱۹]. آغاز دوران نوین استفاده از نفت توسط بشر در سال ۱۸۵۹ و با حفر نخستین چاه صرفاً برای استخراج نفت خام، در پنسیلوانیای آمریکا آغاز شد. در این تاریخ تنها استفاده از نفت خام برای روشنایی منازل و فضاهای سر بسته بوده است. تا اینکه در سال ۱۸۸۵ کارل بنز نخستین موتور گازوئیلی را به ثبت رسانده و به این ترتیب کاربرد جدیدی برای نفت خام خلق شد. تا پیش از این تاریخ گازوئیل به عنوان محصول جانبی نفت خام دور ریخته می شد و حتی به دلیل اشتعال پذیری آن حوادث ناخواسته زیادی را به وجود آورده بود. از این تاریخ به بعد سیر تکاملی استفاده

ترکیبات شیمیایی متنوعی قابلیت عمل نمودن به عنوان گاز گلخانه ای را دارند. بخشی از این ترکیبات به طور طبیعی در اتمسفر زمین وجود دارند از قبیل: بخار آب، متان و اکسید نیتروژن و برخی دیگر صرفاً منتج از فعالیتهای صنعتی بشر هستند. در این میان برخی از گازها نظیر دی اکسید کربن دارای منشاء دوگانه طبیعی و صنعتی می باشد [۱۶]. گازهای گلخانه ای، جذب انرژی متفاوتی دارند که با ثابت جذب حرارت A نشان داده می شود (۱۳)

$$A_{CO_2} = \epsilon_{CO_2} \times \frac{T_g}{T_w} \times 0.65$$

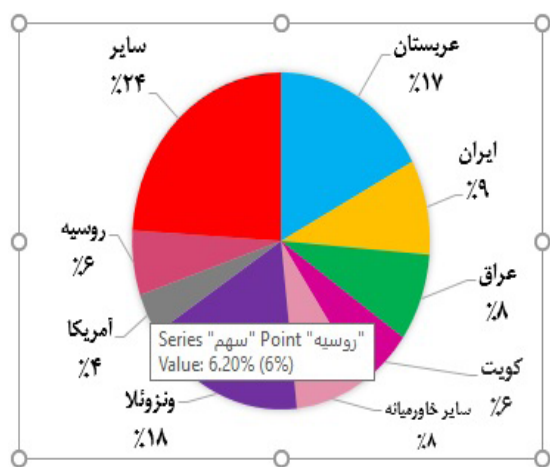
$$A_{H_2O} = \epsilon_{H_2O} \times \frac{T_g}{T_w} \times 0.45$$

$$A_{SO_2} = \epsilon_{SO_2} \times \frac{T_g}{T_w} \times 0.5$$

که در آن ϵ نرخ تشعشع، T_g دمای گاز و T_w دمای دیواره است. در بین گازهای گلخانه ای CH_۴ و H_۲O بیشترین ضریب جذب را دارند. ولی CO_۲ به خاطر حجم اشغالی بسیار بالا و جذب بالای اشعه مادون قرمز و نیز سنگین تر بودن نسبت به هوا (CO_۲ حدود ۱/۵۳ بار سنگین تر از هوا است) بیشترین اثر را روی اتمسفر نزدیک به زمین دارد [۱۳]. شکل ۱۱ روند تغییرات مقدار و غلظت گاز دی اکسید کربن در جو کره زمین در طول ۲۶۰ سال اخیر را نشان می دهد. همان گونه که در این شکل دیده می شود، مقدار این گاز در جو کره زمین برای سالیان متمادی ثابت بوده است. علت این ثبات وجود چرخه ای بنام چرخه کربن در اکوسیستم طبیعی کره زمین است. در این چرخه، مقدار تعادلی گاز CO_۲ پس از تولید، توسط تنفس موجودات زنده و سایر پدیده های طبیعی و یا جذب شدن توسط گیاهان و آب اقیانوس ها ثابت باقی می ماند. تخمین زده می شود که چرخه طبیعی کربن در کره زمین سالانه توانایی جذب سالانه ۶/۲ میلیارد تن گاز دی اکسید کربن را داشته باشد [۱۷]. افزایش فعالیت های صنعتی بیشتر در ۲۵۰ سال اخیر به افزایش تجمع مقدار زیادی CO_۲ در جو زمین منجر شده است. براساس بررسی های اخیر بعثت فعالیت های بشر سالانه حدود ۴/۱ میلیارد تن گاز دی اکسید کربن اضافی علاوه بر ظرفیت چرخه طبیعی کربن به جو زمین اضافه می شود که این مازاد ظرفیت باعث شده است طی ۱۵۰ سال اخیر، تجمع CO_۲ در اتمسفر زمین به میزان ۲۵ درصد افزایش یابد [۱۵]. افزایش CO_۲ در جو حداقل باعث افزایش درجه حرارت زمین به میزان ۰/۳ تا ۰/۶ درجه سانتیگراد شده است. براین اساس در صورتی که همین روند ادامه داشته باشد، دمای زمین تا ۵۰ سال آینده بین ۲ تا ۵ درجه سانتیگراد افزایش خواهد یافت. صنایع مختلف انرژی بر، از جمله صنعت فولاد، نقش بسیار بزرگی در مقدار گاز دی اکسید کربن تولید شده در زمین ایفا می نمایند [۱۵]. منبع تولید بخش اعظم گازهای گل خانه ای تولید شده در صنایع آهن و فولاد استفاده از سوخت های فسیلی است که در ادامه به شرح مختصری در رابطه با آنان پرداخته می شود. شکل ۷: مقدار گاز دی اکسید کربن منتشر شده در جو کره

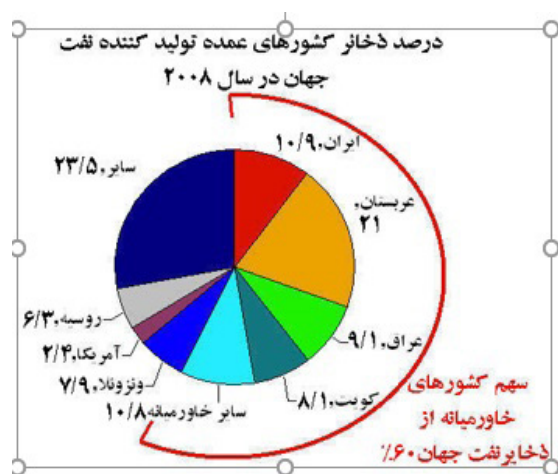
بشر از نفت سرعت بیشتری را گرفته و با آغاز قرن بیستم میلادی نفت به یکی از مهم ترین منابع تأمین انرژی مورد نیاز بشر برای رسیدن به رفاه بیشتر تبدیل گردید [۱۹].

نفت خام به طور عمده متشکل از ترکیبات هیدروکربنی است که می توانند از ۵۰ تا ۹۷ درصد وزن آن را تشکیل دهند. مابقی وزن نفت خام از ترکیبات آلی دیگر از قبیل نیتروژن، سولفور، اکسیژن تشکیل شده است. در ذخایر نفت خام، نفت همراه گاز طبیعی که به دلیل سبکی بر روی نفت قرار می گیرد و آب نمک که به دلیل سنگینی در زیر لایه نفت خام واقع می شود، می تواند وجود داشته باشد. برای تشکیل یک ذخیره نفتی احتیاج به حضور سه عامل است: اولاً وجود منبعی غنی از هیدروکربن ها (تشکیل شده از بقایای حیوانات و گیاهان) در عمق زیاد از سطح زمین که تحت فشار و دمای بالا قرار گرفته باشد. ثانیاً به یک لایه سنگی متخلخل نیاز است تا اجازه نفوذ نفت ایجاد شده از قسمت های مختلف میدان نفتی و متمرکز شدن آن در یک بخش خاص در زیر زمین را بدهد. ثالثاً نیاز به یک لایه سنگی نفوذ ناپذیر است که اجازه به سطح رسیدن نفت ذخیره شده در میدان را ندهد. با این توصیفات مختصر مشخص می گردد که تشکیل و ایجاد ذخایر نفتی فرآیندی زمان بر، پیچیده و نیازمند هماهنگی پارامترهای متعددی است. از این رو ذخایر نفتی



شکل ۱۲) درصد ذخائر کشورهای عمده تولید کننده نفت در سال ۲۰۲۰ را نشان میدهد (۳)

در مناطق خاص و محدودی از کره زمین می توانند وجود داشته باشند. براساس آمارهای موجود بر طبق شکل ۱۲ در سال ۲۰۰۸ سهم کشورهای منطقه خاورمیانه از ذخایر نفتی جهان معادل ۶۰ درصد بوده است [۳]. شکل ۱۳ (۱۹ و ۳) توزیع ذخایر نفت در میان کشورهای جهان در سال ۲۰۲۰ را نشان می دهد [۳]. بر طبق اشکال ۱۲ و ۱۳ این منطقه اورآسیا (شامل کشورهای جماهیر شوروی سابق و اروپا) با ۱۱/۶ درصد از کل ذخایر نفت در رتبه دوم بزرگ ترین دارنده ذخایر نفت در سال ۲۰۰۷ بودند. قاره آفریقا با ۹/۵ درصد، قاره آمریکای جنوبی و مرکزی با ۹ درصد، آمریکای شمالی با ۵/۶ درصد و منطقه آسیای جنوب شرقی و اقیانوسیه با ۳/۳ درصد در مکان سوم تا ششم بزرگ ترین دارندگان ذخایر نفت جهان در سال ۲۰۰۸ بودند [۳]. در سالهای آینده مسلماً ذخایر جدیدی در این مناطق و سایر مناطق جهان کشف خواهد شد؛ با توجه به فرآیند تشکیل نفت که فوقاً به اختصار اشاره شده است، احتمال اینکه درصد ذخایر قطعی کشف شده نفت در جهان نسبت به شکل ۱۳ تغییر فاحشی بنماید بعید به نظر می رسد.

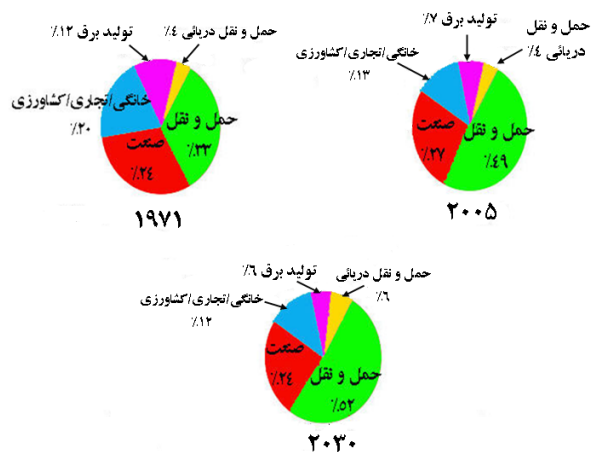


شکل ۱۳) درصد ذخائر کشورهای عمده تولید کننده نفت جهان در سال ۲۰۰۸ را نشان میدهد. (۳)

از مقایسه دو شکل ۱۲ و ۱۳ میتوان نتیجه گیری کرد که سایر کشورهای دنیا از سال ۲۰۰۸ تا ۲۰۲۰ به ذخایر نفتی زیادی دسترسی پیدا کرده اند به طوریکه در سال ۲۰۲۰ حدود ۴۸ درصد ذخایر نفت جهان در کشورهای خاورمیانه قرار داشتند در این سال حدود ۱۸ درصد ذخایر شناخته شده نفت دنیا متعلق به کشور ونزوئلا بود. کشور ونزوئلا در سال ۲۰۲۰ حدود ۵۴۰ میلیون بشکه نفت در روز که حدود ۰/۶۶ درصد نفت جهان در سال ۲۰۲۰ بود را تولید

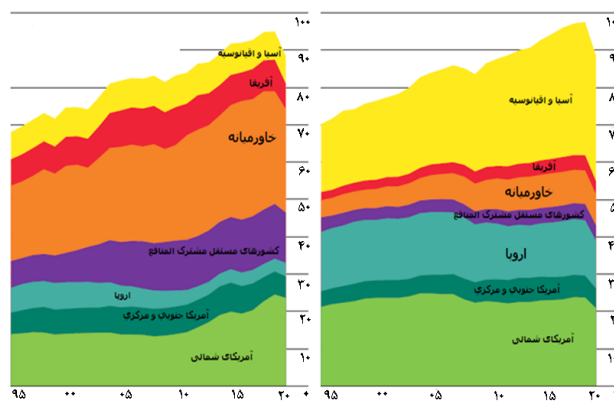
ایران در سال ۲۰۲۰ حدود ۳/۴۹ درصد نفت تولیدی جهان را به خود اختصاص داده است در صورتیکه ذخایر شناخته شده ایران در همین سال حدود ۹ درصد ذخائر جهانی بود. (۸)

با الگوی مصرف آن کشور هماهنگی داشته باشد. با توجه به اینکه پالایشگاه های ایران تا قبل از سال ۱۳۵۷ توسط کشورهای خارجی طراحی ساخته و نصب شده اند الگوی تولید فرآورده های نفتی این پالایشگاه ها با الگوی مصرف ایران متاسفانه از همان زمان هماهنگی نداشت به عبارت دیگر میزان تولید مازوت در پالایشگاه های ایران قبل از سال ۵۷ حدود ۴۲ درصد بود هرچند بعد از سال ۵۷ کوشش شده است تا حدودی درصد مازوت تولیدی پالایشگاه های ایران را کاهش دهند با وجود این چون مصرف مازوت نیز در ایران مانند سایر نقاط جهان مرتبا کاهش یافت و تقریبا هیچ کشوری مازوت را فعلا براحتی خریداری نمیکند لذا مازوت تولیدی پالایشگاه ها ایران عملا بدون مصرف میباشند. البته کشورهای صنعتی با تغییر جزئیات فنی در تجهیزات پالایشگاهی خود توانستن درصد مازوت تولیدی پالایشگاه را بی نهایت کاهش دهند یا حذف نمایند و بعضی از پالایشگاه هایی در کشورهای پیشرفته صنعتی وجود دارند که اصلا مازوت تولید نمیکند متاسفانه در ایران تکنولوژی پالایشگاه ها را با پیشرفت تکنولوژی دنیا در این زمینه نتوانستیم هماهنگ کنیم لذا مشکل امروزه کشور مازوت تولیدی پالایشگاه های ایران میباشد. چنانچه بخواهیم مازوت های تولیدی را به اجزاء دیگر فرآورده های نفتی تبدیل نماییم (کراکینگ) سرمایه گذاری زیادی باید انجام گیرد و تکنولوژی آن نیز به علت تحریم ظالمانه به آسانی برای ایران قابل دسترس نیست. (۸)



شکل ۱۷) میانگین سهم بخشهای مختلف از کل مصرف نفت در سه دوره تاریخی دنیا را نشان میدهد. (۲۰)

بیشترین مصرف نفت خام از سال ۱۹۷۰ تاکنون در ارتباط با مصرف فرآورده های نفتی در صنعت حمل و نقل بوده است؛ براساس پیش بینی ها سهم بخش حمل و نقل از کل مصرف نفت خام دنیا تا سال ۲۰۳۰ به ۵۲ درصد خواهد رسید [۲۰]. شکل ۱۷ میانگین سهم بخش های مختلف از مصرف نفت خام را در دو دوره زمانی ۱۹۷۰ تا ۲۰۰۵ و پیش بینی آن از ۲۰۰۵ تا ۲۰۳۰ را نشان می دهد.

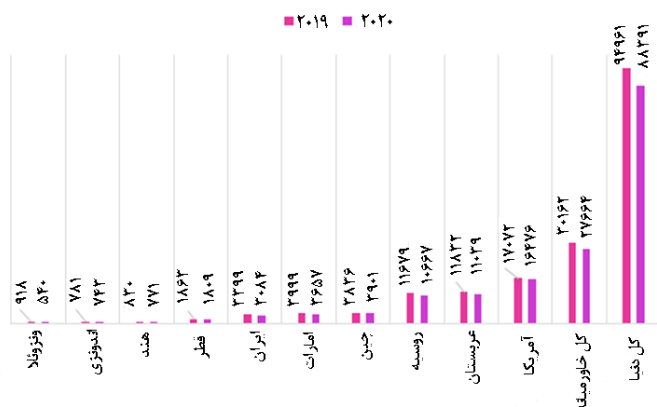


شکل ۱۴ و ۱۵) تولید جهانی نفت در سالهای ۲۰۰۶ تا ۲۰۲۰ در کشورهای و روند مصرف نفت در سالهای ۲۰۰۶ تا ۲۰۲۰ در مناطق مختلف جهان را نشان میدهد. (۳)

تولید جهانی نفت برای اولین بار از سال ۲۰۰۹ به میزان ۶/۶ میلیون بشکه در روز بعلت عوارض کووید ۱۹ در سال ۲۰۲۰ کاهش یافت. به جز کشور ایران و چین که در سال ۲۰۲۰ بیشتر از سال ۲۰۱۹ نفت مصرف کردند بقیه کشورهای دنیا در سال ۲۰۲۰ کمتر از سال ۲۰۱۹ نفت مصرف نمودند.

کل مصرف نفت جهان در سال ۲۰۲۰ به حدود ۸۸۳۹۱ میلیون بشکه در روز رسید که این میزان نسبت به سال پیش از آن ۰/۶ درصد کاهش داشته است. در سال ۲۰۲۰ ایالات متحده آمریکا با مصرف بیش از ۱۶۴۷۶ میلیون بشکه نفت در روز یعنی معادل ۲۲/۵ درصد مصرف جهانی در این سال، بزرگترین مصرف کننده نفت جهان بود. پس از آمریکا، چین در مقام دوم ۳۹۰۱ میلیون بشکه در روز بزرگترین مصرف کننده نفت جهان در سال ۲۰۲۰ بود. تولید نفت ایران در سال ۲۰۲۰ حدود ۳۰۸۴ میلیون بشکه بود. (۸)

نفت استخراجی را باید پالایش نموده و انواع فرآورده های مختلف از قبیل نفت سفید، بنزین، گازوئیل، مازوت و ... تولید نمود.



شکل ۱۶) تولید نفت در سال ۲۰۱۹-۲۰۲۰ در کشورهای مختلف و جهان را نشان میدهد (۳)

الگوی تولید پالایشگاه ها در هر کشوری حتی المقدور باید

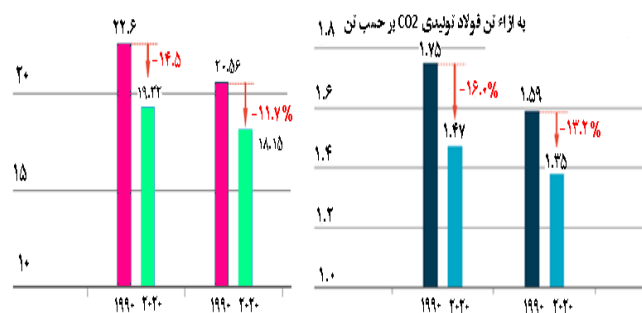
مصارف مستقیم نفت در فرآیند تولید فولاد خام

مصرف مستقیم نفت در صنایع تولید آهن و فولاد به میزان کمی محدود به استفاده از آن در کوره‌بلند و ... می شود.

نفت همراه با هوای پیشگرم شده در بعضی کشورها (طبق اشکال ۷ و ۸) از پایین به درون کوره‌بلند دمیده می شود و به این ترتیب ضمن افزایش حرارت کوره بلند منجر به کاهش میزان مصرف ماده احیاءکننده اصلی نظیر کک متالورژی با دانه بندی مشخص می گردد. استفاده از نفت در کوره‌بلند از اواخر دهه ۱۹۶۰ میلادی آغاز شد. ولی میزان استفاده از آن همواره تابعی از تعادل قیمت مجموعه عوامل احیاءکننده مورد استفاده در کوره‌بلند بوده است. به گونه ای که در اواخر دهه ۱۹۷۰ میلادی با بالا رفتن قیمت جهانی نفت استفاده از این ماده در کوره های بلند کشورهای صنعتی نظیر آلمان به طور کامل متوقف شد. ولی استفاده از آن مجدداً از سال ۱۹۸۸ شروع گردید. در سال ۲۰۰۷ به طور میانگین حدود ۳۱/۷ کیلوگرم نفت به ازای تن تولید آهن خام مذاب در کوره های بلند جهان مصرف شده است (شکل ۷).

به عبارتی دیگر نفت حدود ۶/۷ درصد از مواد احیاءکننده مورد استفاده در کوره های بلند جهان در سال ۲۰۰۷ را تشکیل داده است [۱۴]. علاوه بر کوره‌بلند، در صنایع تولید فولاد نیز اگر گاز طبیعی و یا گاز کک سازی در دسترس نباشد، می توان در تولید زینتر، پیشگرم کردن شمش یا بیلت برای نورد و ... هم از نفت و مشتقات آن استفاده نمود.

۲۵ بر حسب گیگازول انرژی مصرفی به ازاء تن فولاد تولیدی



شکل ۱۸) مقدار انرژی های فسیلی مصرفی به ازاء تن تولید فولاد به روش کوره بلند و کوره های قوس الکتریکی آلمان را در سالهای ۱۹۹۰ تا ۲۰۲۰ بر حسب گیگازول به ازاء تن تولید فولاد و شکل سمت راست میزان کاهش گاز CO_۲ تولیدی به ازاء تن تولید فولاد خام آلمان در روش کوره بلند و کوره قوس الکتریکی در سالهای فوق را بر حسب مقدار CO_۲ به ازاء تن تولید فولاد نشان میدهد. (۲۱)

ارزیابی آلیاژهای جدید ریختگی آلومینیم $AlSi_9Mg$ برای سرسیلندرهای خودرو

Evaluation of new $AlSi_9Mg$ cast aluminum alloys for Automotive cylinder Heads

عبدالحمید قدیمی، انجمن علمی ریخته گری ایران

چکیده:

به کارگیری آلیاژهای ریختگی آلومینیم در سرسیلندر ها موجب کاهش وزن قابل توجه در صنعت خودرو سازی گشت است. پیشرفت در بهره‌وری مصرف سوخت و عملکرد احتراق داخلی موتورها موجب افزایش در درجه حرارت و فشار کاری موتور شده و ایجاد نیازمندی برای توسعه و تحول برای آلومینیم مقاوم به درجه حرارت بالا گردیده است. در مقاله حاضر خصوصیات مقایسه‌ای یک آلیاژ سرسیلندر متداول آلومینیم ($Al356+0.5Cu$) و در آلیاژ جدید ($AlSi_9Cu_2$ و $AlSi_9Cu_{3.5}$) ارائه شده است. قابلیت ریخته گری، خصوصیات مکانیکی و ترموفیزیکی این آلیاژها در این تحقیق کاملاً بررسی شد و نتایج نشان داد که آلیاژهای $AlSi_9Cu_2$ و $AlSi_9Cu_{3.5}$ قابلیت ریخته گری و پایداری حرارتی بهتر است، انبساط حرارتی پایین تر و خصوصیت کششی در درجه حرارت بالاتر و مقاومت به خزش خصوصیات خستگی مناسب تری نسبت به آلیاژ ($0.5Cu+Al356$) دارند. نتایج به دست آمده امکانات قابل توجهی را برای افزایش زیادی در قدرت ویژه سرسیلندر ها فراهم نمود. از سویی دیگر آلیاژ ($Al356+0.5Cu$) نسبت به در آلیاژ جدید پایین ترین میزان هدایت حرارتی را داشته است.

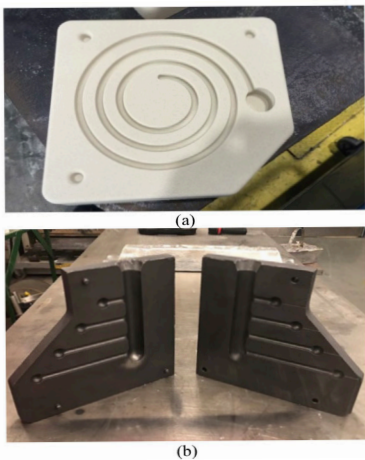
مقدمه

اهداف کاهش وزن توسط طراحان موتور موجب تلاش در جهت جایگزینی پوسته‌های موتور چدن نشکن با آلیاژهای سبک مانند آلیاژهای آلومینیم گردیده و به دلیل خصوصیات مکانیکی، قابلیت ریخته گری عالی آلیاژهای ریختگی $Al-Si$ به طور گسترده‌ای در اجزای خودرو مانند سر سیلندر و پوسته موتور به کار گرفته است. (۱ تا ۳). در بین آلیاژهای $Al-Si$ آلیاژهای ($Al356Cu$) ($Al356+0.5Cu$) سهم بازار بالایی را در ریخته گری سرسیلندر یافته است. در سالهای اخیر با توسعه فناوری های جدید موتورهای خودرو کوچک تر و قدرتمندتر شده ولی آلیاژهای ($Al356Cu$) بسیار نرم تر از آن است که الزامات قدرت را برای این موتورهای جدید تامین نماید. (۲) همچنین به دلیل ناپایداری های متالورژیکی در درجه حرارت های بالا استحکام این آلیاژ به طور قابل توجهی کاهش یافته و در نتیجه موجب گسیختگی آن می‌شود. در سرسیلندرها خستگی حرارتی در نواحی بین سوپاپ ها موجب بروز ترک شده که این امر یکی از بزرگترین چالش های سخت برای طراحان می باشد. (۴) آلیاژهای آلومینوم که برای تولید سرسیلندر ها استفاده می شود در برابر افزایش دائمی فشارهای احتراق و درجه حرارت های باید دارای خستگی و پایداری حرارتی بالایی باشند. به علاوه به منظور اطمینان از تامین الزامات خصوصیات زیر می باید مورد ارزیابی قرار گیرد (۱ و ۴ و ۵).

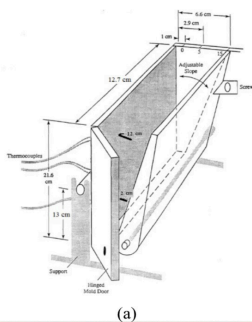
۱. قابلیت ریخته گری
۲. هدایت حرارتی و انبساط حرارتی
۳. استحکام تسلیم و انعطاف پذیری در ۲۵۰ یا ۳۰۰ درجه ی سانتی گراد (در نواحی بین سوپاپ ها و واشر سرسیلندر) که مرتبط با خصوصیات خستگی حرارتی است.
۴. خصوصیات خستگی
۵. پایداری حرارتی

در دهه‌های اخیر آلیاژهای جدید بسیاری با مقاومت در درجه حرارت بالا برای به کارگیری در سر سیلندر ها توسعه یافته است (۲ و ۶ و ۷). در بین این آلیاژها، آلیاژ $AlSiCuMg$ (شماره: US 9982328b2:Patent) به عنوان محتمل ترین جایگزین برای نسل بعدی سرسیلندر ها مطرح است (۳ و ۷). این آلیاژ که با فاز Al_2Cu و رسوبات حاوی $Zr-V$ مستحکم شده، خصوصیات بالاتری را در درجه حرارت محیط و درجه حرارت بالا نسبت به آلیاژ تجاری متداول ($Al356Cu$) نشان می‌دهد به منظور آگاهی بیشتر از این آلیاژ های جدید خصوصیات آن دقیقاً تعیین گردید و به همین علت آلیاژ تجاری و متداول ($Al356Cu$) و دو آلیاژ ($AlSi_9Cu_2$ و $AlSi_9Cu_{3.5}$) جدید برای به کارگیری در سرسیلندر مورد ارزیابی قرار گرفتند. مقاومت به ترک گرم، خصوصیات فیزیکی حرارتی، پایداری طولانی

و برای بررسی خصوصیات مکانیکی و فیزیکی حرارتی - نمونه‌های ریخته‌گری استفاده گردید (شکل ۲). قالب به نحوی طراحی شده که از دیواره‌های کناری دارای شیب بوده به طوری که به سمت کف قالب ضخامت بیشتر می‌شود. این طراحی امکان ایجاد ظرفیت حرارتی بالاتر در کف قالب به وجود آید و همچنین در امتداد ارتفاع نمونه ریختگی یک دامنه وسیع‌تری از سرعت‌های انجماد و طول بازوی دندریت ثانویه SDAS ایجاد شود. در جریان آزمایشات برای دستیابی به حداکثر تغییرات درجه حرارت و بهترین حالت پر شدن مذاب قالب یک زاویه ۱۵ درجه داده شد. در تحقیق حاضر در یک قالب برای رسیدن به سرعت انجماد دلخواه درجه حرارت ۲۵۰ درجه سانتی‌گراد انتخاب گردید. قالب‌ها برای رسیدن به درجه حرارت مورد نظر قبل از باریزی پیش گرم شدند جریان ریخته‌گری نیز درجه حرارت قالب از طریق ترموکوپل نصب شده در پوسته قالب مورد پایش قرار گرفت از هر آلیاژ ۸ نمونه ریخته‌گری شد.



شکل (۱) قالب ماسه‌ای آزمایش سیالیت قالب ریژه بازوی



شکل (۲) ابعاد قالب گروه قطعات ریخته‌گری

حرارتی، خصوصیات کششی و خستگی تعیین گردید. همچنین اثر سرعت انجماد بر خصوصیات آلیاژ با شبیه‌سازی ضخامت‌های مختلف ریختگی بررسی شد.

روش آزمایش

عملیاتی کیفی مذاب و فرآیند ریخته‌گری

سه آلیاژ مختلف در تحقیق مورد مطالعه قرار گرفت آلیاژ استاندارد (A356Cu) به عنوان مرجع و دو آلیاژ ($AlSi_9Cu_{3.5}$ و $AlSi_9Cu_2$) ترکیب شیمیایی این آلیاژها به وسیله اسپکترومتر نوری OES تعیین شد و نتایج به صورت درصد وزنی در جدول ۱ ارائه شده است. در یک کوره مقاومتی آزمایشگاهی ذوب گردید و پس از جوانه‌زایی با مقدار سه دهم درصد AITISB و بهسازی با استرانسیوم در قالب‌های ریخته‌گری درجه حرارت باریزی ۷۰۰ درجه سانتی‌گراد برای قالب‌های ماسه‌ای و ۷۲۰ درجه سانتی‌گراد برای قالب‌های ریژه بوده است. قبل از باریزی با استفاده از یک سیستم با پرده‌خوران گرافیتی با دور ۳۰۰ دقیقه و تزریق گاز آرگون به میزان ۵ لیتر در دقیقه به مدت ۲۰ دقیقه، مذاب گاززدایی گردید. برای تمیز کردن مذاب در جریان گاز زدایی از پنج دهم گرم Promag Si به ازای هر کیلوگرم آلومینیوم استفاده شد.

جدول (۱) ترکیب شیمیایی آلیاژها بر حسب درصد

Alloys	Fe	Si	Cu	Mg	Mn	Ti	Zr	V	Sr
A356Cu	0.10	7.1	0.52	0.35	0	0.11	0	0.02	0.012
AlSi9Cu2	0.08	8.6	1.97	0.14	0.13	0.10	0.12	0.15	0.012
AlSi9Cu3.5	0.09	8.6	3.43	0.14	0.15	0.12	0.14	0.13	0.012

روش ذوب

آزمایشات قابلیت ریخته‌گری

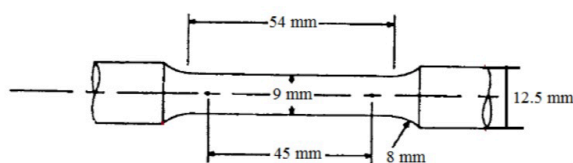
مذاب برای اندازه‌گیری سیالیت در قالب‌های ماسه‌ای اسپیرال و در قالب‌های ویژه برای اندازه‌گیری میل به ترک گرم با ریزی شد. شکل یک a قالب ماسه‌ای استاندارد اسپیرال برای اندازه‌گیری سیالیت نشان می‌دهد. سیالیت به طور تجربی بر مبنای حداکثر توله را حرکت اوضاع قبل از انجماد کامل تعیین می‌شود. در شکل 1b قالب ویژه با چهار بازو که برای اندازه‌گیری میل به ترک گرم استفاده شده مشاهده می‌گردد. قبل از ریخته‌گری محفظه قالب ریژه تمیز گردید و با گرافیت پوشش داده شد و برای ایجاد شرایط مختلف انجماد درجه حرارت قالب ۱۰۰ و ۲۰۰ درجه سانتی‌گراد انتخاب گردید. بدین ترتیب پیش از واریزی قالب ریژه تا درجه حرارت‌های مورد نظر پیش گرم شوند، با استفاده از یک ترموکوپل که در بدنه قالب نصب شده درجه حرارت قالب در جریان آزمایش اندازه‌گیری گردید. برای هر شرایط ۸ نمونه ریخته‌گری گردید و مقدار میانگین ثبت شد.

نمونه گوه

یک قالب گوه قابل تنظیم از جنس فولاد کربنی ساخته شده

نمونه برداری

پایداری سازی قرار داده شدند. از آنجا که درجه حرارت های کاری سرسپیندر عموماً بالاتر از دمای عملیات T_7 می باشد و آلیاژها نیز در چنین دمایی پایداری حرارتی ندارند نیاز است نمونه ها برای یک دوره زمانی به منظور رسیدن به شرایط مشابه تحت درجه حرارت های بالا قرار بگیرند و همین منظور از یک زمان ۱۰۰ ساعتی برای شبیه سازی وضعیت کاری استفاده گردید اما به لحاظ اطمینان آماری از هر شرایط میانگیر نتایج ۸ نتایج استوانه های کششی که در مقطع شکست آنها آخال وجود داشت نیز هست گردید.



شکل ۳) ابعاد نمونه تست کششی

آزمایشات پایداری حرارتی

نمونه های برداشته شده از محل ۲ سانتیمتری کف گروه برای آزمایشات پایداری حرارتی انتخاب شد. این آزمایشات برای دوره های زمانی مختلف بر اساس شاخص های ارائه شده در جدول چهارم در درجه حرارت ۳۰۰ درجه ی سانتی گراد انجام گردید. نمونه ها قبل از قرار گرفتن در درجه حرارت بالا طولانی تحت عملیات حرارتی T_7 قرار گرفتند و پس از آن نیز سختی نمونه بر اساس راکول اندازه گیری شد.

جدول ۴) شرایط آزمون پایداری حرارتی

Alloys	Holding time at 300C (572F)				
A356Cu T7	50 h	100 h	200 h	300 h	500 h
AlSi9Cu2 T7					
AlSi9Cu3.5 T7					

آزمایشات خزش

آزمایشات خزش در درجه حرارت ۳۰۰ درجه سانتیگراد به مدت ۱۰۰ ساعت انجام شد. نمونه های استوانه ای با نسبت طول به قطر ۱/۵ (طول ۱/۵ میلی متر و قطر ۱۰ میلی متر) پس از ماشین کاری آماده گردیدند. فشار اعمال شده در جریان آزمون به طور ثابت مگاپاسکال بوده و نمونه ها پس از انجام عملیات حرارتی و نگهداری به مدت سه ساعت در یک درجه حرارت آزمایش و گرم کردن مجدد تا ۳۰۰ درجه سانتیگراد، سپس پایداری سازی به مدت ۳۰ دقیقه تحت آزمایش قرار گرفتند. برای هر شرایط جهت حصول اطمینان از نتایج میانگین نتیجه آزمایش به صورت نمودار ثبت گردیده است.

از هر نمونه ریخته گری شده در قالب گروه دو نمونه به عرض ۱۳ سانتیمتر ضخامت ۱۳ سانتی متر و طول ۱۲۵ سانتیمتر از ارتفاع ۱۲ و ۲ سانتی متر از کف گوه برای دستیابی به سرعت های مختلف انجام بریده شد. نمونه های انتخاب شده برای آزمایشات در جدول ۲ نشان داده شده است.

جدول ۲) موقعیت برداشت نمونه و آزمایشات مربوطه

Sample position	Tests
Sample A (2-cm position)	Tensile tests
	Thermal stability tests
	Creep tests
	Fatigue tests
	Thermal conductivity and expansion
Sample B (12-cm position)	Tensile tests

عملیات حرارتی

مطابق جدول ۳ بر روی نمونه های مستطیل شکل عملیات حرارتی انجام شد. برای عملیات حرارتی T_7 از یک کوره مقاوم با سیستم گردش هوا استفاده گردید و نمونه ها پس از عملیات انحلالی در آب تا درجه حرارت محیط کونچ نصب پیرسازی به مدت ۱۲ تا ۲۴ ساعت نگه داشته شدند. برای بررسی ریزساختار و کنترل کیفیت ریخته گری و بهسازی یوتکتیک آدرس شرایط ریخته گری و عملیات حرارتی شده انتخاب گردیدند.

جدول ۳) شرایط عملیات حرارتی محلولی و پیرسازی T_7 برای آلیاژهای مورد مطالعه

Alloys	Solution treatment	Ageing
A356Cu	530C for 5 h	200C for 5 h
AlSi9Cu2	503C for 3 h + 530C for 2 h	200C for 5 h
AlSi9Cu3.5	503C for 5 h	210C for 5 h

آزمایش کشش

برای تعیین ویژگی های مکانیکی نمونه هایی از قطعات مستطیل شکل عملیات حرارتی شده از ۲ و ۱۲ سانتیمتری کف گروه ماشینکاری شدند و نمونه های کشش استفاده مطابق ابعاد استاندارد ASTM-B557 (شکل ۳) آماده گردیدند. برای حذف هرگونه آثار ماشینکاری از روی سطح نمونه ها به وسیله سمباده نرم پولیش و پرداخت شدند. آزمایش کشش با استفاده از یک دستگاه 30KN شرکت Instron مطابق استانداردهای ASTM-B557 و ASTM-E21 انجام شد. برای آزمایش درجه حرارت محیط نمونه مستقیم کشیده شدند ولی برای آزمایش در درجه حرارت بالا، نمونه ها به مدت ۱۰۰ ساعت در درجه حرارت آزمایش نگه داشته شد و بعداً تا درجه حرارت T_7 گردید، ولی قبل از آزمون به مدت ۳۰ دقیقه تحت عملیات

آزمایشات خستگی

خصوصیات خستگی آلیاژ های (A356Cu) و (AISI9Cu_{3.5} و AISI9Cu₂) در سیکل های بالا و پایین در درجه حرارت ۲۵۰ درجه سانتیگراد اندازه گیری شد. ۷۲ نمونه (۳۶ عدد برای سیکل پایین خستگی و ۳۶ عدد برای خستگی در سیکل بالا) از محل ۲ سانتیمتری کف گوه تحت آزمایش قرار گرفت. قبل از آزمایش خستگی تمامی نمونه ها تحت عملیات حرارتی T₇ قرار گرفته و در ۲۵۰ درجه سانتیگراد به مدت ۱۰۰ ساعت برای رسیدن به شرایط پایدار نگه داری شدند. آزمایش کرنش کنترل شده برای خستگی در سیکل پایین LCF انجام گردید. نمونه ها در ۲۵۰ درجه سانتیگراد با استفاده از یک شکل موج مثلثی در فرکانس با نسبت R₋₁ تحت خستگی قرار گرفتند. اما برای خستگی در سیکل بالا HCF نمونه در ۲۵۰ درجه سانتی گراد با استفاده از یک تجهیزات آزمایشی سرو هیدرولیک تحت بار کنترل شده و طول موج سینوسی با فرکانس ۲۰ هرتز قرار گرفتند. نسبت R₋₁ و تعداد سیکل ها ۱۰ میلیون بوده و آزمایش با گسیختگی نمونه ها متوقف می گردید.

هدایت حرارتی و انبساط حرارتی

از محل ۲ سانتیمتری کف گوه، هشت نمونه برای آزمایشات هدایت حرارتی و انبساط حرارتی در درجه حرارت ۳۰۰ درجه سانتیگراد برداشته شد. هر آلیاژ در شرایط T₇ و به علاوه نگهداری در ۳۰۰ درجه سانتیگراد به مدت سه ساعت مورد آزمایش قرار گرفت. با استفاده از روش نفوذ اشعه لیزر مطابق استاندارد ASTM-E1461 مقدار نفوذ حرارتی α اندازه گیری شد. وزن مخصوص توده d نیز با محاسبه از طریق ابعاد و جرم تعیین گردید. به وسیله کالریمت Differential Scanning شرکت Perkin-elmer مطابق استاندارد ASTM-E1269 و به کارگیری یاقوت به عنوان ماده مرجع مقدار گرمای ویژه Cp آلیاژها اندازه گیری شد و بدین ترتیب هدایت حرارتی λ با استفاده از معادله ۱ محاسبه گردید:

$$\lambda = \alpha \times C_p \times d \quad \text{معادله ۱}$$

میزان انبساط حرارتی نیز با استفاده از یک دیلاتومتر مطابق استاندارد ASTM-E228 بر اساس سرعت علت کم کردن دو درجه سانتیگراد در دقیقه در محیط گاز هلیوم اندازه گیری شد. ضریب انبساط متوسط درجه حرارت T₇ طی از طریق تقسیم تغییرات طول نمونه با تغییر درجه حرارت بر اساس معادله ۲ تعیین گردید:

$$\alpha_{\text{mean}} = (L_T - L_0 / L_0) / (T - T_0) \quad \text{معادله ۲}$$

درجه حرارت مرجع ۲۰ درجه سانتیگراد بوده است.

محاسبات ترمودینامیکی

به منظور شبیه سازی فرایند انجماد، فازهای جامد و درصد آنها در ارتباط با درجه حرارت از محاسبات Scheil به وسیله نرم افزار Thermo-Cafe مدول بر مبنای ترکیب شیمیایی آلیاژهای آماده شده استفاده گردید. درصد جامد با تغییر درجه حرارت همچنین درجه حرارت حد مایع و جامد تعیین شد و نتایج به طور خلاصه در جدول ۵ و شکل ۴ ارائه شده است. بر اساس نتایج به دست آمده (شکل ۴) با افزودن Si و Cu در آلیاژهای مورد مطالعه درجه حرارت حد مایع به میزان قابل توجهی کاهش یافت و هرچند زیر قابل ثبتي بعد درجه حرارت حد جامد به وجود نیامد. تغییرات در دامنه انجماد به میزان زیادی بر قابلیت ریخته گری موثر است. آلیاژهای (AISI9Cu_{3.5} و AISI9Cu₂) دارای دامنه انجماد کوتاه بوده و به لحاظ درجه حرارت کاهش یافته حد جامد، سیالیت خوبی دارند.

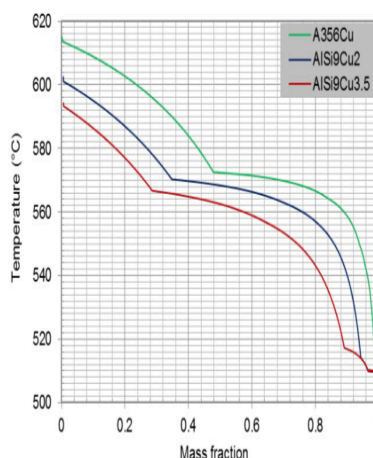
نتایج و سگالش

قابلیت ریخته گری

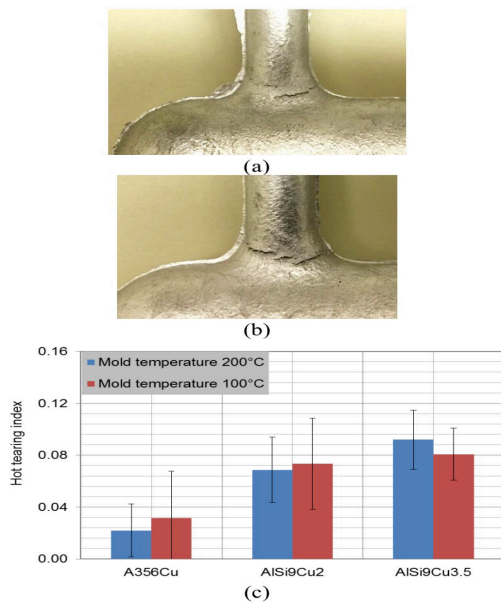
شکل ۵ سیالیت آلیاژهای مورد بررسی را نشان می دهد و در آن ملاحظه می شود آلیاژ (AISI9Cu₂ و AISI9Cu_{3.5}) و سیالیت بسیار بیشتری را نسبت به آلیاژ تجاری (A356Cu) دارد که موجب مزیت های بیشتری برای طراحی قالب خواهد بود. آلیاژ (A356Cu) با طول اسپیرال ۴۸۹ میلیمتر کمترین سیالیت و آلیاژ AISI9Cu_{3.5} با طول اسپیرال ۶۰۶ میلیمتر بیشترین سیالیت (۲۳/۹ درصد بیشتر) داشته است. آلیاژ AISI9Cu₂ با طول اسپیرال ۵۹۰ میلیمتر در حد متوسط ولی ۲۰/۷ درصد سیالیت بیشتری از آلیاژ تجاری (A356Cu) نشان داده است.

جدول (۵) درجه حرارت های حد مذاب، جامد و دامنه انجماد

Alloy	Liquidus (C)	Solidus (C)	Solidification range (C)
A356Cu	613.6	510.2	103.4
AISI9Cu ₂	601.1	509.8	91.3
AISI9Cu _{3.5}	593.3	509.8	83.5



شکل ۴) منحنی های انجماد Scheil

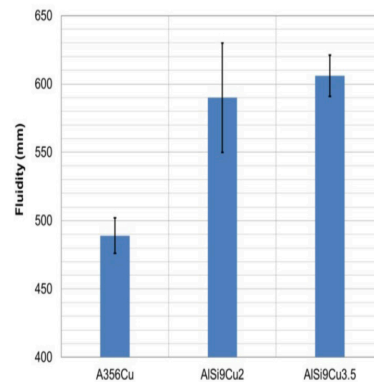


مطالعه شکل ۶) میزان شدت ترک گرم در نمونه ریخته گری در ریژه a ترک سبک b ترک متوسط c مقایسه

ساختار نمونه های گوه ای

شکل ۷ مورفولوژی و توزیع ذرات Si را در آلیاژهای (A356Cu) و (AISI₉Cu₂) و (AISI₉Cu_{3.5}) در شرایط ریختگی و عملیات حرارتی شده برای نمونه های برداشته شده از محل ۲ سانتیمتری که گویی نشان می دهد در شرایط ریختگی ساختار یوتکتیک ظریف بوده و ذرات سیلیسیم مورفولوژی الیافی شکل دارد. اما پس از عملیات حرارتی ذرات در آلیاژها به صورت وی و درشت می شوند که این امر برای انعطاف پذیری آلیاژ مفید است.

شکل ۸ ریزساختار با بزرگنمایی پایین نمونه های ریخته گری برداشته شده از محل ۲ و ۱۲ سانتی متری را نشان می دهد. در تصاویر علوم تخلخل به صورت سوراخ های سیاه رنگ مشاهده می شود و در جدول ۶ خلاصه از اندازه بازوهای دنده ریز های ثانویه SDAS اندازه ناحیه تخلخل و حداکثر مبلغ ها در آلیاژهای مورد مطالعه ارائه شده است. نتایج مشاهده می گردد برای هر آلیاژ درصد ناحیه تخلخل متوسط اندازه موکت در محل ۲ سانتیمتری بسیار پایین تر از موقعیت ۱۲ سانتیمتری کف گوه می باشد. تخلخل ها به طور عمده در اثر انقباض و رشد هیدروژن حل شده و در جریان انجماد است. با افزایش سرعت انجماد (مانند موقعیت ۲ سانتیمتری SDAS کوچک نشان دهنده شرایط در سطح محل احتراق سرسیلندر است (۹). زمان کمتری برای نفوذ هیدروژن در فضاهای بین دندریتی که فلز به طور جزئی منجمد شده وجود دارد. نتیجه اندازه مک کوچک تر می باشد. تخلخل به میزان زیادی بر عمر خستگی و انعطاف پذیری کششی موثر بوده و به مقدار قابل توجهی از دیاد طول نسبی و عمر خستگی را کاهش می دهد. همچنین با افزایش SDAS استحکام و انعطاف پذیری آلیاژها پایین می آید.



شکل ۵) میزان سیالیت بر حسب طول اسپیرال در آلیاژهای مورد

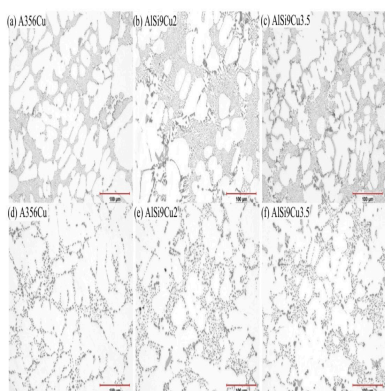
مطابق جدول ۵ آلیاژهای (AISI₉Cu₂) و (AISI₉Cu_{3.5}) درجه حرارت حد مایع پایین تری را نسبت به آلیاژ (A356Cu) دارند که امکان سیلان طولانی تر قبل از انجماد در نتیجه سیالیت بیشتر را ایجاد می کند. شکل ۶ سطوح شدت ترک گرم و میانگین اندیس ترک گرم برای هر عالی اجرا نشان می دهد درجه حرارت های نمودار مبین درجه حرارت های غالب در جریان آزمایشات است اندیس بالاتر ترک گرم به معنی احتمال بیشتر وقوع ترک در یک روش ریخته گری می باشد. بر اساس شکل های 6a و 6b ترک گرم نزدیک به ناحیه را همواره به وجود آمده و در تمامی شرایط آزمایش فقط ترک های سبک و متوسط مشاهده گردید. مقدار اندیس ترک گرم با استفاده از روش ارائه شده توسط Eskin و همکارانش (۹) محاسبه و نتایج در شکل 6c ارائه شد. هر سه آلیاژ از مقدار اندیس ترک گرم پایینی داشتند. (کمتر از یک دهم). بدین ترتیب این آلیاژها را از آنجا که حساسیت کمی به ترک گرم در قالبی با ۱۰۰ درجه سانتیگراد دارند، برای ریخته گری در قالب ریژه مناسب می باشد. همچنین مشخص شد تشدید ترک گرم چندان تحت تاثیر درجه حرارت قالب نیست زیرا کاهش درجه حرارت قالب از ۲۰۰ به ۱۰۰ درجه سانتی گراد تاثیر کمی بر مقدار اندیس ترک گرم داشت. همچنین آلیاژهای مورد بررسی برای ریخته گری با سرعت پایین انجماد مانند روش های ماسه ای نیز مناسب است.

حساسیت به ترک گرم مستقیماً تحت تاثیر تشکیل فاز یوتکتیک در مرحله آخر انجماد می باشد. این فازها موجب کمبود یوتکتیک برای مذاب رسانی میکرو شده از پرشدن جلوگیری می کنند. انعطاف پذیری را کاهش می دهند و حساسیت به ترک گرم را بیشتر می نمایند. در بین آلیاژهای مورد مطالعه در ناحیه بین دندریتی فازهای Q-AlCuMgSi و Al₂Cu آخرین فازهای منجمد شده هستند (۱۰). آلیاژ AISi₉Cu_{3.5} بیشترین مقدار حجمی فاز Al₂Cu را داشته و بیشترین میل به ترک گرم در قالب ریژه را نشان نشان داده است. البته حساسیت به ترک گرم آلیاژ AISi₉Cu_{3.5} بسیار پایین بوده و مشکلی برای ریخته گری آن وجود ندارد.

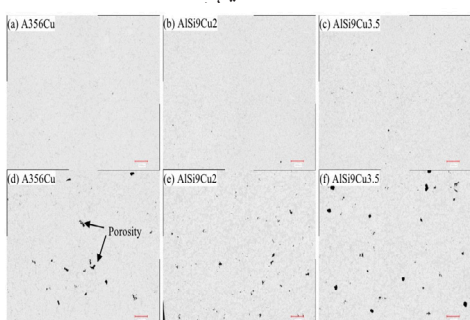
خصوصیات مکانیکی

پایداری حرارتی در زمان طولانی

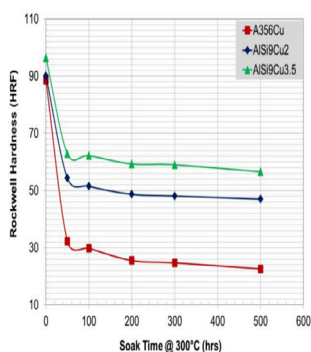
پس از عملیات حرارتی T_7 برای ارزیابی پایداری حرارتی آلیاژها، نمونه ها به مدت طولانی تا ۵۰۰ ساعت در درجه حرارت ۳۰۰ درجه سانتیگراد نگه داشته شدند شکل ۹. تغییرات میکرو سختی را پس از اندازه گیری و نگهداری حرارتی نشان می دهد که ملاحظه می شود آلیاژهای $(AlSi_9Cu_2)$ و $(AlSi_9Cu_{3.5})$ پایداری حرارتی بسیار بیشتری نسبت به آلیاژ $(Al356Cu)$ دارد. در ابتدا سختی سه آلیاژ مشابه بوده به طوری که آلیاژ $(Al356Cu)$ سختی $5/88$ HRF، آلیاژ $(AlSi_9Cu_2)$ سختی $4/96$ HRF و آلیاژ $(AlSi_9Cu_{3.5})$ سختی $4/96$ HRF داشته اند، ولی با افزایش زمان نگهداری حرارتی تا ۱۰۰ ساعت سختی آلیاژهای $(AlSi_9Cu_2)$ و $(AlSi_9Cu_{3.5})$ به ترتیب $52/5$ و $62/2$ بوده که 73 و 109 درصد بیشتر از آلیاژ $(Al356Cu)$ با سختی $29/8$ است. افت سختی در اثر نگهداری حرارتی HRF $58/7$ (درصد $66/3$)، HRF $38/6$ (درصد $42/8$) و HRF $43/2$ (درصد $35/5$) به ترتیب برای آلیاژهای $(AlSi_9Cu_2)$ ، $(Al356Cu)$ و $(AlSi_9Cu_{3.5})$ بوده است. بنابراین نتایج آلیاژهای $(AlSi_9Cu_2)$ و $(AlSi_9Cu_{3.5})$ نسبت به آلیاژ $(Al356Cu)$ به ترتیب $35/4$ و $46/5$ درصد افزایش پایداری حرارتی داشته اند. افت اصلی و عمده سختی در جریان نگهداری حرارتی در ۱۰۰ ساعت اول به وجود آمده است، بنابراین در آزمایشات این زمان انتخاب شده است. مقاومت به خزش در ۳۰۰ درجه سانتیگراد تحت بار ثابت سی مگاپاسکال اندازه گیری گردید. نتایج ارائه شده در شکل ۱۰ آلیاژهای $(AlSi_9Cu_2)$ و $(AlSi_9Cu_{3.5})$ خزش بسیار کمتری نسبت به $(Al356Cu)$ داشتند که نشان دهنده مقاومت به خزش بهتری است. از ۱۰۰ ساعت نگهداری حرارتی برای آلیاژ $(Al356Cu)$ برابر $0/071$ ، آلیاژ $(AlSi_9Cu_2)$ برابر $0/012$ ، یعنی ۸۳ درصد کمتر و آلیاژ $(AlSi_9Cu_{3.5})$ برابر $8/006$ یعنی ۹۲ درصد کمتر از آلیاژ $(Al356Cu)$ است. مقادیر خزش برای آلیاژ $(AlSi_9Cu_2)$ به صورت شیب مرحله ثانویه $2/8 \times 10^{-8}$ (برتانیه) و برای آلیاژ $(AlSi_9Cu_{3.5})$ $1/4 \times 10^{-8}$ (برتانیه) بوده که به ترتیب نسبت به آلیاژ $(Al356Cu)$ $10^{-7} \times 1/4$ (برتانیه) به ترتیب ۵ و ۱۰ برابر کمتر می باشد. نتایج خزش نشان می دهد که آلیاژهای $(AlSi_9Cu_2)$ و $(AlSi_9Cu_{3.5})$ نسبت به آلیاژ $(Al356Cu)$ در به کارگیری برای زمان های طولانی تغییر شکل کمتر و تنش حرارتی پایین تری داشته و به دلیل کاهش کرنش و تنش حرارتی، خصوصیات خستگی حرارتی بالاتری نیز دارند.



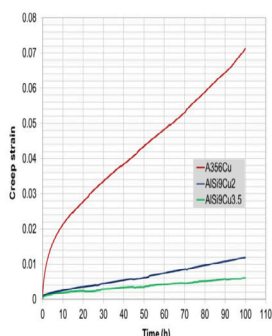
شکل ۷) ریز ساختار نمونه های برداشته شده از محل ۲ سانتیمتری کف گوه (a تا c) در شرایط ریخته گری (b تا d) در شرایط حرارتی شده



شکل ۸) ریزساختار نمونه های برداشته شده از محل ۱۲ سانتیمتری کف گوه (a تا c) در شرایط ریخته گری (b تا d) در شرایط حرارتی



شکل ۹) تغییرات سختی در جریان نگهداری طولانی حرارتی



شکل ۱۰) مقایسه منحنی های خزش آلیاژها در درجه حرارت ۳۰۰ درجه سانتیگراد تحت بار ثابت ۳۰ مگاپاسکال

جدول ۶) مقادیر SDAS و تخلخل ها به وجود آمده در نمونه های برداشته از محل ۲ و ۱۲ سانتی متری کف گوه در تمامی آلیاژها

Alloys	SDAS (μm)		Area porosity (%)		Maximum porosity size (μm)	
	2 cm	12 cm	2 cm	12 cm	2 cm	12 cm
Al356Cu	22±7	31±9	0.02	0.33	135	422
AlSi9Cu2	22±7	37±10	0.02	0.34	122	272
AlSi9Cu3.5	24±7	41±9	0.04	0.62	120	367

خصوصیات کششی

ارزیابی عملکرد آلیاژها در شرایط مختلف انجماد (با ضخامت متفاوت قطعات ریختگی) نمونه های برداشته شده از فاصله ۲ سانتی متر از کف گوه با سرعت انجماد بالا و نمونه های به فاصله ۱۲ سانتی متر از کف با سرعت پایین تحت آزمایش قرار گرفتند. نتایج آزمون کشش در درجه حرارت محیط (اتاق) و درجه حرارت بالا در جدول ۷ و نمودارهای ۱۱ تا ۱۴ ارائه شده، در نمودار خصوصیات نمونه های برداشته شده از ۱۲ سانتیمتری کف گوه با علامت C مشخص گردیده است. نکته حائز توجه اینکه تمامی خصوصیات آزمایشی در ۲۵۰ و ۳۰۰ درجه سانتی گراد بوده و قبل از آن نمونه ها به مدت ۱۰۰ ساعت در درجه حرارت آزمایش نگهداری شدند. اندیس کیفیت QI نیز با استفاده از معادله ۳ محاسبه گردید.

$$QI = UTS + 150 \text{LOGE}$$

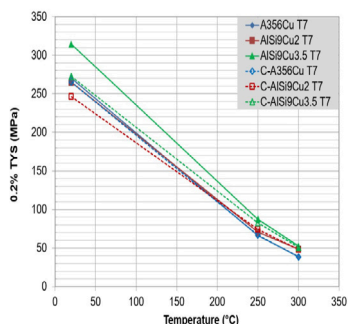
معادله ۳

QI بر حسب مگاپاسکال و E ازدیاد طول نسبی بر حسب درصد است.

شکل ۱۱ نشان دهنده استحکام تسلیم آلیاژها در درجه حرارت محیط (اتاق) در درجه حرارت های بالا بوده و منحنی های نقطه چین مربوط به خصوصیات نمونه های برداشته شده از فاصله ۱۲ سانتی متری از کف گوه است. آلیاژ $\text{AlSi}_9\text{Cu}_{3.5}$ دارای بالاترین استحکام و تصمیم برای تمام دانه های دمایی و آلیاژ AlSi_9Cu_2 در دمای ۲۵۰ و ۳۰۰ درجه سانتیگراد استحکام تصمیم بالاتری نسبت به آلیاژ Al356Cu داشته است. اما با کاهش سرعت انجماد (نتایج نمونه های و فاصله ۱۲ سانتی متر از کف گوه) استحکام در درجه حرارت محیط (اتاق) کاهش یافته است، هرچند استحکام در درجه حرارت بالا چندان تحت تاثیر سرعت انجماد نبوده است. در درجه حرارت محیط (اتاق) آلیاژ $\text{AlSi}_9\text{Cu}_{3.5}$ بالاترین استحکام تسلیم معادل ۳۱۴/۳ مگاپاسکال در نمونه با فاصله ۲ سانتی متر از کف گوه را داشته است. در ۲۵۰ درجه سانتیگراد آلیاژهای ($\text{AlSi}_9\text{Cu}_{3.5}$ و AlSi_9Cu_2) به ترتیب استحکام تسلیمی معادل ۷۰/۸ و ۸۷/۴ مگاپاسکال داشته که ۶/۹ و ۳۲ درصد نسبت به آلیاژ Al356Cu با استحکام ۶۶/۲ مگاپاسکال بالاتر هستند. در ۳۰۰ درجه سانتیگراد نیز آلیاژهای ($\text{AlSi}_9\text{Cu}_{3.5}$ و AlSi_9Cu_2) با استحکام تسلیمی به ترتیب ۴۸/۷ و ۵۲/۶ مگاپاسکال نسبت به آلیاژ Al356Cu با استحکام تسلیم ۳۹/۲ مگاپاسکال، ۲۴/۲ و ۳۴/۲ درصد استحکام بالاتری داشته اند.

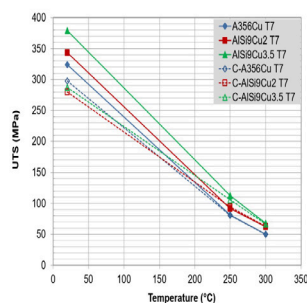
جدول ۷) خصوصیات مکانیکی نمونه های برداشته شده از محل ۲ و ۱۲ سانتی متری کف گوه برای کلیه آلیاژها

Properties		Fine microstructure (2-cm)			Coarsen microstructure (12-cm, C-)		
		A356Cu	AlSi9Cu2	AlSi9Cu3.5	A356Cu	AlSi9Cu2	AlSi9Cu3.5
UTS (Mpa)	RT	323.7	343.2	378.9	297.4	279.6	286.9
YS (Mpa)	RT	270	264.7	314.3	264.7	246	272.3
Elongation (%)	RT	10.1	6.4	3.4	3.8	1.2	0.8
QI (Mpa)	RT	474	464	458	384	294	274
UTS (Mpa)	250°C	81.3	91.9	112.3	81	94.4	105.9
YS (Mpa)	250°C	66.2	70.8	87.4	66.8	74.1	82.6
Elongation (%)	250°C	28.3	29.4	18.3	20.1	15.8	12.4
QI (Mpa)	250°C	299	310	302	276	274	270
UTS (Mpa)	300°C	50.2	62.5	68	50.3	62.7	66.6
YS (Mpa)	300°C	39.2	48.7	52.6	38.5	48.3	51.1
Elongation (%)	300°C	37.2	35.9	32.3	-	26.1	20.6
QI (Mpa)	300°C	286	296	294	-	275	264

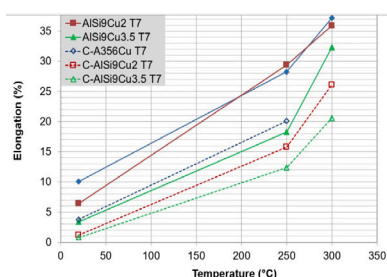


شکل ۱۱) تغییرات استحکام تسلیم (۲/۰٪) برای آلیاژی استفاده شده در درجه حرارت های بالا و در درجه حرارت محیط اتاق

در شکل های ۱۲ و ۱۳ استحکام کشش و ازدیاد طول نسبی آلیاژها را در درجه حرارت محیط (اتاق) و در حرارت های بالا مشاهده می شود که در آنها خطوط نقطه چین نشان دهنده خصوصیات نمونه های برداشته شده از ۱۲۰ سانتی متری کف گوه است. در ۲۵۰ و ۳۰۰ درجه سانتیگراد استحکام کششی آلیاژهای (AlSi_9Cu_2 و $\text{AlSi}_9\text{Cu}_{3.5}$) نسبت به آلیاژ Al356Cu بسیار بالاتر است. مانند استحکام تسلیم استحکام نهایی کشش با پایین آمدن سرعت انجماد کاهش محیط (اتاق) کاهش یافته، لیکن در درجه حرارت بالا این تاثیر اندک می باشد. از سوی دیگر مطابق شکل ۱۳ آلیاژهای (AlSi_9Cu_2 و $\text{AlSi}_9\text{Cu}_{3.5}$) و ازدیاد طول نسبی پایین تری نسبت به آلیاژ Al356Cu دارند و هم در درجه حرارت محیط و هم در درجه حرارت بالا با کاهش سرعت انجماد به طور قابل توجهی کاهش می یابد.

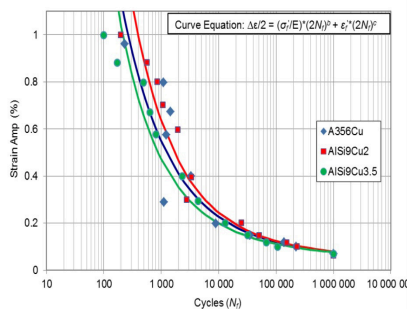


شکل ۱۲) استحکام نهایی کشش برای آلیاژهای استفاده شده در درجه حرارت های بالا (۲۵۰ و ۳۰۰ درجه سانتی گراد) و در درجه حرارت محیط



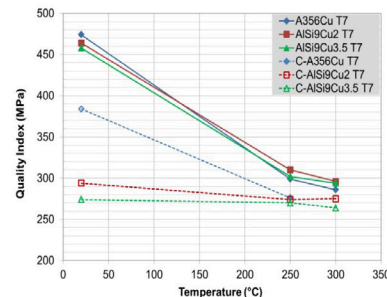
شکل ۱۳) تغییرات ازدیاد طول نسبی (تا شکست نمونه ها) برای آلیاژهای استفاده شده در درجه حرارت های بالا (۲۵۰ و ۳۰۰ درجه سانتی گراد) و در درجه حرارت محیط

پایین برای تمامی آلیاژها مشابه بود، در شکل ۶ منحنی تلفیقی خستگی تمامی هر سه آلیاژ رسم گردیده و در جدول ۸ نیز شاخص های خستگی آلیاژها که محاسبه شده اند ارائه شده است. این موضوع پذیرفته شده که عمر خستگی در سیکل پایین تحت تاثیر انعطاف پذیری آلیاژ است (۱۲) و نتایج نشان می دهد که آلیاژهای (AlSi₉Cu_{3.5} و AlSi₉Cu₂) از این نظر شرایط مشابهی دارند. در شکل ۱۶ همچنین ارتباط بین انبساط حرارتی و خستگی در سیکل پایین نیز نشان داده شده است. خستگی ناشی از تغییر شکل حرارتی در سرسیلند (خستگی حرارتی) دلیل عمده از کار افتادن و گسیختگی آن حین به کار گیری است (۴). در ۲۵۰ درجه سانتیگراد انبساط حرارتی آلیاژهای (AlSi₉Cu_{3.5} و AlSi₉Cu₂) و Al356Cu به ترتیب ۰/۵۱ و ۰/۵۲ و ۰/۵۴ درصد (بر اساس محاسبات ارائه شده در شکل ۱۹ بوده که مبین عمر خستگی ۱۲۰۰ و ۱۱۵۰ و ۱۰۳۰ نسبت به دو آلیاژ دیگر دارای بهترین عملکرد در خستگی حرارتی است. به علاوه آزمایشات خستگی با تنش کنترل شده و سیکل بالا نیز در ۲۵۰ درجه سانتیگراد انجام شد که نتایج آن در شکل ۱۷ ارائه گردیده است. بنابر نتایج ملاحظه می شود آلیاژ AlSi9Cu3.5 دارای بالاترین عمر خستگی در سیکل بالا بوده و آلیاژ AlSi₉Cu₂ با عمر خستگی اندکی پایین تر ولی هنوز بسیار بالاتر از آلیاژ Al356Cu پایه است. بدین ترتیب نتایج آزمایشات نشان می دهد آلیاژهای (AlSi₉Cu_{3.5} و AlSi₉Cu₂) خصوصیت خستگی در سیکل بالای بهتری نسبت به آلیاژ Al356Cu دارد به طور خلاصه نتایج خستگی در سیکل پایین و همچنین خستگی در سیکل بالا برای آلیاژهای (AlSi₉Cu_{3.5} و AlSi₉Cu₂) عملکرد کلی بهترین نظر خستگی نسبت به آلیاژ Al356Cu دارند. در آزمایش خستگی با کنترل شده در سیکل پایین آلیاژهای (AlSi₉Cu_{3.5} و AlSi₉Cu₂) دارای انعطاف پذیری مشابه آلیاژ Al356Cu بودند لیکن در آزمون خستگی با تنش کنترل شده آلیاژهای (AlSi₉Cu_{3.5} و AlSi₉Cu₂) بسیار قوی تر از آلیاژ Al356Cu بوده اند.



شکل ۱۵) نتایج خستگی در سیکل پایین و منحنی های انطباق یافته درجه حرارت آزمایش ۲۵۰ درجه سانتیگراد

در شکل ۱۴ مقادیر اندیس کیفیت آلیاژهای مورد مطالعه ارائه شده که در آن مشاهده می شود اندیس کیفیت آلیاژ Al356Cu نسبت به آلیاژهای (AlSi₉Cu_{3.5} و AlSi₉Cu₂) در درجه حرارت محیط اندکی بالاتر است. لیکن در درجه حرارت های بالا آلیاژهای (AlSi₉Cu_{3.5} و AlSi₉Cu₂) اندیس کیفیت بالاتری دارند، اما در تمامی آلیاژها پایین آمدن سرعت انجماد منجر به کاهش اندیس کیفیت گردیده که علت این امر افزایش عیوب ریخته گری و اندازه SDAS می باشد. به طور خلاصه آلیاژ AlSi₉Cu_{3.5} نسبت به آلیاژ Al356Cu استحکام بسیار بیشتری هم در درجه حرارت محیط و هم در درجه حرارت های بالا داشته که این امکان را برای افزایش قدرت در سرسیلندر، کاهش ضخامت دیواره و در نتیجه پایین آمدن وزن، فراهم می نماید. در این صورت با کم شدن ضخامت دیواره با آلیاژ AlSi₉Cu_{3.5} انتقال حرارت نیز ارتقا می یابد و این آلیاژ بالاترین قابلیت را با توجه بیشتر این استحکام برای به کارگیری در سرسیلندر خواهد داشت. آلیاژ AlSi₉Cu₂ نیز می تواند با استحکامی در حد متوسط جایگزین دیگری برای آلیاژ Al356Cu باشد.



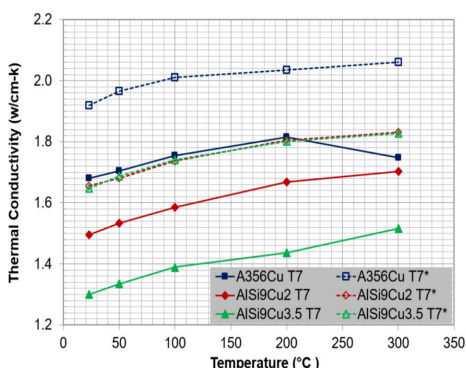
شکل ۱۴) مقادیر اندیس کیفیت عالی آس های مورد مطالعه

خصوصیات خستگی

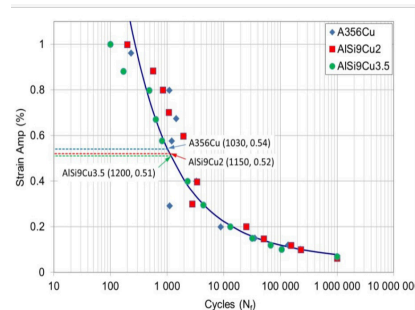
شکل ۱۵ نتایج خستگی با سیکل پایین و منحنی منطبق شده نشان می دهد که معمولاً هنگامی که درجه کرنش کلی برای تمام آلیاژها افزایش یابد، عمر خستگی کاهش می یابد. در همان درجه کرنش تمامی آلیاژها یک سیکل خستگی بسیار مشابهی داشتند یعنی آلیاژهای (AlSi₉Cu_{3.5} و AlSi₉Cu₂) تحت میزان کرنش یکسان، عمر خستگی در سیکل پایین معادل آلیاژ Al356Cu داشته اند. البته باید توجه داشت که به دلیل استحکام بالا تر آلیاژهای (AlSi₉Cu_{3.5} و AlSi₉Cu₂) نسبت به آلیاژ Al356Cu بار عملی تحت همان سطح کرنش کنترل شده برای هر دو آلیاژ بالاتر از آلیاژ Al356Cu بوده است. تحت تنش یکسان، سطح کرنش آلیاژهای (AlSi₉Cu_{3.5} و AlSi₉Cu₂) و نسبت به آلیاژ Al356Cu پایین تر بوده که این امر نشان دهنده عمر خستگی طولانی تر می باشد. شاخص های خستگی برای هر آلیاژ محاسبه شده و نتایج به صورت خلاصه در جدول ۸ ارائه شده است. بر اساس نتایج به دست آمده ملاحظه می شود مقادیر توان سخت شده کرنشی برای تمامی آلیاژها کمتر از (n' ≤ 0/15) بوده که نشان می دهد یک سیکل نرم شدن برای هر سه آلیاژ به وجود آمده است. از آنجا که نتایج خستگی در سیکل

هدایت حرارتی نیز بالا می‌رود. در این نتایج ملاحظه گردید آلیاژ (A356Cu) بالاترین میزان هدایت حرارتی را داشته و به دنبال آن آلیاژ AlSi_9Cu_2 و سپس آلیاژ $\text{AlSi}_9\text{Cu}_{3.5}$ قرار دارد. بنابراین آلیاژهای (AlSi_9Cu_2 و $\text{AlSi}_9\text{Cu}_{3.5}$) در یک سرسیلندر واقعی محفظه احتراق گرمتری نسبت به آلیاژ A356Cu خواهند داشت اما به دلیل قوی تر بودن آلیاژهای ($\text{AlSi}_9\text{Cu}_{3.5}$ و AlSi_9Cu_2) نسبت به A356Cu دیواره های سرسیلندر تولیدی می توانند نازک تر باشند و بدین ترتیب افزایش درجه حرارت با آلیاژ $\text{AlSi}_9\text{Cu}_{3.5}$ با کاهش ضخامت جبران شود. به علاوه پس از نگهداری نمونه ها در ۳۰۰ درجه سانتیگراد به مدت ۱۰۰ ساعت (نتایج به صورت نقطه چین نشان داده شده) هدایت حرارتی هر سه آلیاژ به طور چشمگیری افزایش یافته است. بدین ترتیب هدایت حرارتی داغ ترین ناحیه محفظه احتراق در هنگام اولین ساعات استفاده به تدریج بالا رفته و به همین خاطر درجه حرارت باید باید توجه داشت آلیاژهای ($\text{AlSi}_9\text{Cu}_{3.5}$ و AlSi_9Cu_2) یک هدایت حرارتی مشابهی را پس از اندام پس از نگهداری در ۳۰۰ درجه سانتیگراد به مدت ۱۰۰ ساعت داشتند که نشان می‌دهد افزایش مقدار بیش از ۲ به ۳ و نیم درصد تحت این شرایط تاثیری بر هدایت حرارتی ندارند.

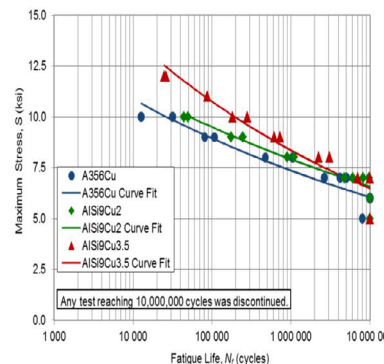
شکل ۱۹ انبساط حرارتی و متوسط ضریب انبساط حرارتی را نشان می‌دهد. متوسط ضریب انبساط حرارتی معمولاً با افزایش درجه حرارت آزمایش بالا می‌رود. هم در شرایط عملیات حرارتی T_7 هم در شرایط نگهداری حرارتی، آلیاژ $\text{AlSi}_9\text{Cu}_{3.5}$ پایین ترین ضریب انبساط حرارتی، به دنبال آن آلیاژ A356Cu بالاترین مقدار را داشته است. در بین سه آلیاژ، AlSi_9Cu_2 دارای پایین ترین ضریب انبساط حرارتی و پایینترین تغییر شکل در همان افزایش درجه حرارت و در نتیجه کمترین تنش های حرارتی به وجود آمده بوده که می‌تواند منجر به داشتن طولانی ترین عمر خستگی حرارتی برای یک سرسیلندر باشد.



شکل ۱۸) قابلیت هدایت حرارتی نمونه های دارای علامت * نشان دهنده شرایط علاوه نگهداری حرارتی به مدت ۱۰۰ ساعت در ۳۰۰ درجه سانتیگراد قبل از انجام آزمایش



شکل ۱۶) نتایج خستگی در سیکل پایین و تلفیق منحنی‌های انطباق یافته، درجه حرارت آزمایش ۲۵۰ درجه سانتیگراد



شکل ۱۷) نتایج خستگی در سیکل بالا و منحنی های انطباق یافته، در درجه حرارت آزمایش ۲۵۰ درجه سانتیگراد

جدول ۸) خصوصیات خستگی آلیاژها

	A356Cu	AlSi9Cu2	AlSi9Cu3.5	Combined
Fatigue Strength Coefficient (σ'_f)	189 MPa	218 MPa	239 MPa	220 MPa
Fatigue Strength Exponent (b)	-0.1058	-0.1137	-0.1175	-0.1146
Fatigue Ductility Coefficient (ϵ'_f)	0.2569	0.4043	0.34	0.3041
Fatigue Ductility Exponent (c)	-0.5459	-0.583	-0.6184	-0.5735
Strain Hardening Coefficient (K')	174 MPa	180 MPa	224 MPa	190 MPa
Strain Hardening Exponent (n')	0.1441	0.1397	0.1439	0.1408
Cyclic Yield Strength	71 MPa	75 MPa	91 MPa	79 MPa

خصوصیات فیزیکی حرارتی

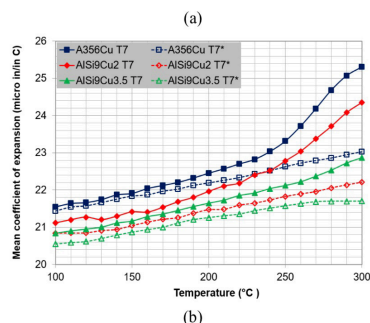
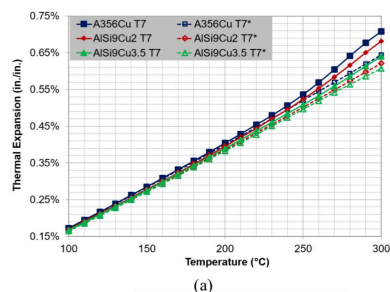
شکل های ۱۸ و ۱۹ نتایج هدایت حرارتی انبساط حرارتی و متوسط ضریب انبساط حرارتی را نشان می‌دهند. مواردی که با علامت * مشخص گردیده مربوط به نمونه‌هایی که تحت عملیات حرارتی از T_7 به علاوه ۱۰۰ ساعت نگهداری در ۳۰۰ درجه سانتی گراد قرار گرفته‌اند می‌باشند، هدایت حرارتی آلیاژ، شاخصی از قابلیت آن برای انتقال و هدایت حرارت است و بالا بودن آن نشان از ظرفیت بالای حرارتی آلیاژ دارد. اما انبساط حرارتی میل آلیاژ به تغییر شکل و حجم در مقابل تغییر درجه حرارت است. در کاربرد سرسیلندر داشتن انبساط حرارتی پایین همیشه دلخواه بوده زیرا در این حال تنش های حرارتی کاهش می یابند. همچنین یک سرسیلندر که دارای هدایت حرارتی بالاتری است در جریان کار سرد تر خواهد بود. شکل ۱۸ هدایت حرارتی آلیاژهای مورد مطالعه ارائه شده و معمولاً در هنگام افزایش درجه حرارت آزمایش میزان

۶- آلیاژهای $(\text{AlSi}_9\text{Cu}_2)$ و $(\text{AlSi}_9\text{Cu}_{3.5})$ دارای ضریب انبساط حرارتی پایین تری نسبت به A356Cu هستند که موجب کاهش کرنش حرارتی می گردد.

۷- آلیاژ $\text{AlSi}_9\text{Cu}_{3.5}$ بالاترین قابلیت را برای به کارگیری در سر سیلندر نشان داده است.

*منابع و مراجع

- Javidani, M., Larouche, D., "Application of cast Al-Si alloys in internal combustion engine components," International Materials Reviews, pp. 132-158 (March 2014).
- Wang, Q.G., Hess, D., Yan, X.Y., Caron, F., "Evaluation high temperature cast aluminum cylinder head applications," AFS Transactions, Vol. 126, pp. American Foundry Society, pp. 13-19 (2018).
- Garat, M., "Optimization of an aluminum cylinder head alloy of the $\text{AlSi}_7\text{Cu}_3\text{MnMg}$ type reinforced by additions of peritectic elements," International Journal of Metalcasting, pp. 17-24 (July 2011).
- Garat, M., Laslaz, G., "Improved aluminum alloys for common rail diesel cylinder heads," AFS Transactions, pp. 89-96 (2007).
- Farkoosh, A.R., "Development of creep-resistant AlSi cast alloys strengthened with nanoscale dispersoids," Department of Mining and Materials Engineering, McGill University Ph. D Thesis (2014).
- Garat, M., Major, J.F., Jean, D., U.S. Patent No. US2012/0258010A1 (October 2012).
- Garat, M., U.S. Patent No. US9982328B2 (June 2011).
- Tynelius, K.E., "A parametric study of the evolution of microporosity in aluminum-silicon foundry alloys," Drexel University, Ph. D. Thesis 1993.
- Eskin, D, Katgerman, L., "Mechanical properties in the semi-solid state and hot tearing of aluminium alloys," Progress in Materials Science, pp. 629-711 (2014).
- Heugue, P., et al., "Precipitation Kinetics and evaluation of the interfacial mobility of precipitates in an $\text{AlSi}_7\text{Cu}_3.5\text{Mg}_0.15$ cast alloy with Zr and V additions," Metals, 9(7), p. 777 (2019).
- Bourassa B., Major, J.F., Jean, D., "Alloy development for highly stressed diesel engine cylinder heads," Modern Casting, pp. 45-50 (March 2015).
- Chen, S.; Liu, K.; Chen, X.-G., "Elevated temperature low-cycle fatigue behaviors of Al-Si 356 and 319 foundry alloys," TMS Light Metals, pp. 251-257 (February 2019).



شکل ۱۹) a انبساط حرارتی متوسط b ضریب انبساط نمونه‌های دارای علامت * نشان دهنده شرایط T_7 به علاوه نگهداری حرارتی به مدت ۱۰۰ ساعت و ۳۰۰ درجه سانتیگراد قبل از انجام آزمایش

نتیجه گیری

یک مطالعه مقایسه ای از خصوصیات آلیاژهای (A356Cu) و $(\text{AlSi}_9\text{Cu}_{3.5})$ و $(\text{AlSi}_9\text{Cu}_2)$ انجام گردید و نتایجی به این شرح از این تحقیق به دست آمد:

۱- آلیاژهای $(\text{AlSi}_9\text{Cu}_{3.5})$ و $(\text{AlSi}_9\text{Cu}_2)$ نسبت به آلیاژ A356Cu دارای قابلیت ریخته گری بهتری هستند.

۲- آلیاژهای $(\text{AlSi}_9\text{Cu}_{3.5})$ و $(\text{AlSi}_9\text{Cu}_2)$ پایداری حرارتی مقاومت به خزش بالاتری نسبت به آلیاژ A356Cu در ۳۰۰ درجه سانتیگراد دارند. پایداری حرارتی و مقاومت به خزش بالاتر موجب افزایش عمر کاری سرسیلندر خواهد شد.

۳- آلیاژ $(\text{AlSi}_9\text{Cu}_{3.5})$ دارای استحکام بسیار بالاتری نسبت به آلیاژ A356Cu در درجه حرارت محیط و هم در درجه حرارت بالا است. در حالیکه آلیاژ AlSi_9Cu_2 نسبت به آلیاژ A356Cu در درجه حرارت بالا استحکام بهتری دارد. استحکام در درجه حرارت بالا تحت تاثیر سرعت انجماد نبوده است. بدین ترتیب استحکام بالاتر آلیاژ $(\text{AlSi}_9\text{Cu}_{3.5})$ این امکان را فراهم می نماید تا سرسیلندر قوی تری بوده و ضخامت دیواره آن بسیار نازکتر باشد.

۴- آلیاژهای $(\text{AlSi}_9\text{Cu}_{3.5})$ و $(\text{AlSi}_9\text{Cu}_2)$ دارای خصوصیت کلی خستگی بهتری نسبت به آلیاژ A356Cu بوده که موجب افزایش عمر کاری سرسیلندر خواهد گردید.

۵- آلیاژهای $(\text{AlSi}_9\text{Cu}_{3.5})$ و $(\text{AlSi}_9\text{Cu}_2)$ دارای هدایت حرارتی پایین تر نسبت به آلیاژ A356Cu هستند که میتواند به درجه حرارت کاری موثر باشد.

آیین نامه ایمنی در صنایع ریخته گری (قطعه ریزی و لوله ریزی)

(قسمت دوم)

کوره های قوس الکتریک

دیواره های این چاله باید همواره خشک بوده و از موادی ساخته شده باشد که از پاشش فلز در اثر تماس جلوگیری نماید. چاله باید دارای ظرفیت نگهداری حداقل یک بار کامل کوره را داشته باشد. چاله باید از ذرات فلزی عاری بوده و بصورت منظم بازرسی شود.

ماده ۱۲۳: مناطق تخلیه، بارریزی و انتقال مذاب که احتمال پاشش مذاب در آنها وجود دارد باید عاری از وجود هر گونه تجمع سیالات مانند آب یا روغن باشند.

ماده ۱۲۴: ورود افراد به چاله جلوی کوره باید تحت کنترل باشد و در حین عملیات باردهی، بارریزی، تخلیه یا سرباره گیری هیچ یک از کارگران نباید در چاله جلوی کوره حضور داشته و یا وارد آن شوند. ماده ۱۲۵: در صورت وجود کارگران در چاله جلوی کوره به منظور جلوگیری از عملیات باردهی، بارریزی، تخلیه یا سرباره گیری استفاده از علائم هشداردهنده الزامی است.

ماده ۱۲۶: مناطق اطراف کوره های قوس الکتریک (تا شعاع ۶ متر و یا ۵ برابر قطر داخلی کوره هرکدام که بزرگتر هستند) بعنوان مناطق خطرناک محسوب می گردد. لذا کارفرما باید مناطق اطراف کوره که در آنها احتمال پاشش فلز مذاب وجود دارد را با استفاده از نرده های حفاظتی با رنگ زرد یا دیگر علائم هشداردهنده مشخص نموده و محل های مجاز ورود به این نواحی را نیز با استفاده از خط کشی به رنگ زرد بر روی کف کارگاه و با عرض حداقل ۱۰ سانتیمتر مشخص نماید.

ماده ۱۲۷: ورود افراد به مناطق اطراف کوره های قوس الکتریک که احتمال پاشش فلز مذاب در آنها وجود دارد باید محدود به افراد مجاز و فقط به منظور انجام وظایف محوله باشد. انجام کار افراد در این مناطق باید در حداقل زمان مورد نیاز برای انجام وظیفه محوله باشد.

ماده ۱۲۸: محل استقرار کارگران از جمله اپراتورهای کوره های قوس الکتریک باید در خارج از منطقه اطراف کوره که احتمال پاشش فلز مذاب در آن وجود دارد باشد و در صورت امکان انجام عملیات سرباره گیری، انتقال مذاب، نمونه گیری و اندازه گیری دما بصورت

ماده ۱۱۳: علاوه بر مواد این بخش، موارد ذکر شده در استاندارد ملی ایران به شماره ۴-۶۴۴۴ تحت عنوان «ایمنی تاسیسات گرمایش الکتریکی - قسمت ۴، الزامات ویژه تاسیسات کوره قوس الکتریکی» نیز الزامی می باشد.

ماده ۱۱۴: به منظور جلوگیری از برخورد کوره یا الکترودها با افراد و یا تجهیزات در زمانیکه کوره برقرار است، مکانیزم چرخش کوره باید با جریان برق ورودی اینترلاک شود.

ماده ۱۱۵: در کوره هایی که از بالا شارژ می شوند، به منظور جلوگیری از حرکت سقف کوره در زمانیکه کوره برقرار است، مکانیزم شارژ کوره باید با جریان برق ورودی اینترلاک شده باشد.

ماده ۱۱۶: هنگام افزودن یا تعویض الکترودها نباید از سقف کوره به عنوان سکو یا جایگاه کار استفاده شود. برای این منظور باید از سکو یا جایگاه کار مناسب استفاده گرد.

ماده ۱۱۷: اپراتور باید با استفاده از روش های ایمن از برقرار بودن الکترودها اطلاع یابد و بتواند جریان قوس الکتریکی را بین الکترودها و شارژ برقرار کند.

ماده ۱۱۸: اجزاء سیستم خنک کردن الکترودها که در روی سقف کوره قرار دارند باید به نحوی ساخته و مهار شده باشند که امکان سقوط آنها به داخل کوره وجود نداشته باشد.

ماده ۱۱۹: کارفرما باید وسایل و تجهیزاتی (نظیر شیلنگ آب) را برای خنک کردن اضطراری نقاط داغ کوره فراهم نموده و بر تعمیر و نگهداری مداوم آنها نظارت نماید.

ماده ۱۲۰: قبل از تعویض الکترودها در کوره های قوس مستقیم، جریان برق به الکترودها، سیستم های چرخش کوره و حرکت دادن سقف کوره باید قطع و قفل شوند.

ماده ۱۲۱: جنس مواد مورد استفاده در کف مناطق انتقال مذاب در محوطه کوره های قوس باید از موادی باشد که پاشش و فوران مذاب را به حداقل برساند.

ماده ۱۲۲: با استفاده از تمهیداتی نظیر ایجاد چاله در جلوی کوره های قوس باید در مواقع پاشش مذاب از کارگران حفاظت نمود. کف و

کنترل از راه دور انجام پذیرد.

تصادفی استوپر (stopper) در حین حمل و نقل باید مکانیزم کار آن قفل گردد.

ماده ۱۴۲: هنگام حمل و نقل پاتیل های گردان که به دنده توقف خودکار مجهز نیستند، مکانیزم برگردان و تخلیه پاتیل باید قفل گردد.

ماده ۱۴۳: هنگام بارریزی فقط باید افرادی که مستقیماً درگیر کار بارریزی هستند در محل باقی بمانند.

ماده ۱۴۴: دسته پاتیل (Trunnion) و ابزارهای مورد استفاده برای اتصال آنها به تجهیزات حمل و نقل فلز مذاب باید دارای مشخصات زیر باشند:

الف - برای پاتیل های بدون جعبه دنده که با چنگک های قلاب مانند درگیر هستند، انتهای هر یک از دسته پاتیل ها (Trunnion) باید دارای یک فلانچ با قطری بیشتر یا مساوی با ۱/۵ برابر قطر محور باشد مگر اینکه طول دسته پاتیل به اندازه ای باشد که امکان در رفتن قلاب از آن وجود نداشته باشد.

ب - برای پاتیل های بدون جعبه دنده که دسته پاتیل آنها با چنگک های رکاب مانند درگیر می باشند، هر یک از دسته پاتیل ها باید دارای یک نگهدارنده یا استاپ باشد تا از در رفتن چنگک از دسته پاتیل جلوگیری نماید.

ج - در چنگک های قلاب مانند، همه اجزاء قلاب باید بصورتی ساخته شده باشند که قلاب بصورت صحیح با محور دسته پاتیل درگیر شده و اندازه گلوگاه آن کوچکتر از اندازه فلانچ باشد.

ماده ۱۴۵: وقتی از پاتیل برای انجام عملیات ثانویه استفاده می شود باید با استفاده از روش های ایمن از تماس فلز مذاب و فیوم های ناشی از آن با افراد در حین انجام واکنش های شیمیایی جلوگیری گردد.

ماده ۱۴۶: مکانیزم چرخش پاتیل باید همواره در طی کار تحت کنترل اپراتور عملیات ریخته گری باشد.

ماده ۱۴۷: مقدار بار مجاز باید روی چنگک پاتیل ها حک شده باشد.

ماده ۱۴۸: در پاتیل های بدون جعبه دنده که چنگک آنها قابلیت جدا شدن را ندارند باید به نحو مقتضی با استفاده از روشهای ایمن از پایین آمدن غیر کنترل شده چنگک در مواقعی که اتصال قلاب به پاتیل جدا می شود، جلوگیری نمود.

ماده ۱۴۹: در مواقعی که پاتیل توسط جرثقیل بصورت معلق و آویزان قرار می گیرد باید با استفاده از تمهیداتی از چرخیدن غیر کنترل شده آن جلوگیری شود.

ماده ۱۵۰: استفاده از تجهیزات صوتی و چراغهای گردان هشداردهنده در حین حمل و نقل پاتیل الزامی است.

ماده ۱۵۱: در هنگام استفاده از تجهیزات خودروبی برای حمل و نقل پاتیل، باید با استفاده از روش های ایمن از سر خوردن یا چرخیدن ناخواسته پاتیل جلوگیری نمود.

ماده ۱۵۲: در پاتیل های کف ریز، باید با استفاده از روش های

ماده ۱۲۹: کارفرما باید دستورالعمل های مکتوب برای عملیات ذوب و بارریزی را تهیه و بر نحوه اجرای آنها نظارت نماید. این دستورالعمل ها همچنین باید شامل مشخص نمودن افراد مجاز برای ورود به مناطق اطراف کوره و تجهیزات حفاظت فردی مورد نیاز باشد.

فصل پنجم - پاتیل ها

ماده ۱۳۰: پاتیل های ریخته گری که با دست چرخیده و تخلیه می شوند باید دارای ابزار قفل کردن یکپارچه باشند تا از چرخش اتفاقی پاتیل جلوگیری گردد. پاتیل های بزرگ حمل و نقل مذاب (با ظرفیت بیش از ۵۰۰ کیلوگرم) باید دارای ابزار ضد چرخش خودکار باشند.

ماده ۱۳۱: پاتیل های ریخته گری و حمل ذوب دارای چنگک باید به وسایل ایمنی مجهز شوند که از تاب خوردن و وارونه شدن چنگک پیش گیری نماید.

ماده ۱۳۲: چنگک های پاتیل ها باید در برابر گرمای تشعشعی محافظت شوند.

ماده ۱۳۳: گوه هایی که برای اطمینان از قفل شدن دنده ها بکار می روند باید در برابر حرکت های محوری ایمن شده باشند. ماده ۱۳۴: برای اطمینان از بلند کردن بدون خطر پاتیل های ریخته گری و حمل ذوب که مستقیماً بوسیله لیفتراک چنگک دار بلند می شوند، تجهیزات مزبور باید به وسایل ایمنی مجهز شوند.

ماده ۱۳۵: به منظور اطمینان از عدم برگشت ناگهانی پاتیل های ریخته گری و حمل ذوب، وسایل قفل کردن آنها پیش از پر شدن باید در وضعیت آماده بکار قرار گیرند.

ماده ۱۳۶: قفل پاتیل باید بلافاصله پیش از خم شدن و تخلیه پاتیل باز شود.

ماده ۱۳۷: وسایل متوقف کننده اتوماتیک پاتیل های ریخته گری و حمل ذوب فقط باید با موادی روغنکاری شوند که تاثیری بر عمل توقف اتوماتیک نداشته باشد و فقط باید از روانسازهای تعیین شده توسط سازندگان پاتیل استفاده گردد.

ماده ۱۳۸: چنگک و دسته پاتیل ها (Trunnion)، محورهای نگهدارنده حلقه ها و مکانیزم های برگردان پاتیل های ریخته گری، حمل ذوب و سرباره باید از نظر وجود ترک و سایر عیوب کنترل شوند. قسمت های فوق حداقل سالی یک بار باید توسط فردی مجاز و دارای مهارت لازم آزمایش شده و نتایج آزمایش و اقدامات انجام شده جهت رفع نقص باید مکتوب گردند.

ماده ۱۳۹: پاتیل های ریخته گری، حمل ذوب و سرباره باید پیش از استفاده خشک و ترجیحاً پیش گرمایش شوند.

ماده ۱۴۰: پاتیل های حمل ذوب و ریخته گری باید تا حدی پر شوند که از پاشش مذاب در حین حمل جلوگیری شود. تبصره: اگر نتوان از پر شدن بیش از حد پاتیل جلوگیری نمود در این صورت باید برای حمل آن اقدامات ایمنی خاصی بعمل آید.

ماده ۱۴۱: در پاتیل های کف ریز، برای اطمینان از باز نشدن

ایمن از بکار افتادن مکانیزم تخلیه غیرکنترل شده جلوگیری شود.

فصل ششم - حمل و نقل و بارریزی

ماده ۱۵۳: علاوه بر مواد این بخش، رعایت مفاد آیین نامه ایمنی ماشین های لیفتراک (مصوب شورای عالی حفاظت فنی) نیز الزامی می باشد.

ماده ۱۵۴: لیفتراک های چنگک دار باید به وسایلی مجهز شوند که پاتیل ها را در حین جابجایی بطور ایمن نگهدارند.

ماده ۱۵۵: مکانیزم کنترل بالابردن و تخلیه پاتیل باید طوری طراحی شده باشد که با برداشتن دست از روی آن بالارفتن و چرخیدن پاتیل سریعاً متوقف شود.

ماده ۱۵۶: حداکثر سرعت پایین آوردن چنگک باید ۲۰ سانتی متر در ثانیه باشد.

ماده ۱۵۷: به منظور محافظت راننده در برابر پاشش فلز مذاب باید حفاظهای مناسب پا و ساق پا در محل نشستن یا ایستادن او نصب گردد.

ماده ۱۵۸: لاستیک های لیفتراک های چنگک دار باید از نوع توپر باشند. برای این لیفتراک ها نباید از لاستیک های معمولی بادی استفاده شود. ماده ۱۵۹: باک سوخت و نازل های سوخت گیری در لیفتراک های حمل و نقل پاتیل باید طوری نصب شوند که سوخت در اثر گرمای ناشی از مواد مذاب مشتعل نشود.

ماده ۱۶۰: برای جلوگیری از ریختن مواد مذاب فقط باید از راه ها و راهروهای هم سطح و بدون مانع و دست انداز استفاده شود. ماده ۱۶۱: هنگام حمل پاتیل ها توسط لیفتراک های چنگک دار سرعت حرکت لیفتراک نباید بیش از سرعت قدم زدن معمولی باشد. تجهیزات حمل و نقل و بارریزی مذاب ماده ۱۶۲: مقدار وزن مجاز برای حمل باید بر روی تمامی حمل کننده های پاتیل ذکر شده باشد. ماده ۱۶۳: برای کمچه ها باید تمهیداتی در نظر گرفته شود تا بوته ها در طول زمان حمل و نقل و تخلیه از آن جدا نشوند.

ماده ۱۶۴: در سیستم بارریزی خودکار، در زمان کج شدن سکو (stand) باید با استفاده از روش های ایمن مانع از جدا شدن دسته های پاتیل از سکو شد.

ماده ۱۶۵: اگر در مکانیزم خم شدن سیستم بارریزی خودکار اشکالی پیدا شود، سکو باید در این حالت به موقعیت اولیه برگردد. ماده ۱۶۶: مکان قرارگیری سیستم بارریزی خودکار باید به گونه ای باشد که به خوبی توسط اپراتور مشاهده شود.

تجهیزات سقفی حمل و نقل مذاب

ماده ۱۶۷: علاوه بر مواد این بخش، رعایت مفاد آیین نامه حفاظتی وسایل حمل و نقل و جابجا کردن مواد و اشیا در کارگاه ها نیز الزامی می باشد.

ماده ۱۶۸: وسایلی مورد استفاده برای بالابردن مواد مذاب باید دو ترمز مستقل از یکدیگر داشته باشند که هر یک از آنها دارای شرایط زیر باشد:

الف - ترمز ها قادر به متوقف نمودن و نگهداشتن بار در هر

جهت باشند.

ب - هنگامی که کنترل ها به حالت صفر برگردانده می شوند، ترمزها باید قادر به توقف مکانیزم حرکت باشند.

ج - هنگامی که وسایل حفاظت در برابر بارگیری بیش از حد، عمل کرده و یا وقتی وسایل محدودکننده حرکت بالابردن بطور اتوماتیک عمل می کنند، مکانیزم ترمزها باید بطور اتوماتیک بکار بیافتد.

د - فقط در صورتی که وزن بار تا دو سوم ماکزیمم بار مجاز باشد، تجهیزات حمل مذاب تا ظرفیت ۲۵ تن می توانند به سیستم تک ترمز مجهز شوند.

ماده ۱۶۹: علاوه بر اطلاعات معمول ظرفیت مجاز بار نیز باید بطور واضح و قابل فهم روی وسیله بالابر نشان داده شود. ضمناً علاوه بر موارد فوق این عبارت نیز باید بر روی بالابر نوشته شود «... تن ظرفیت بالابردن مواد مذاب»

ماده ۱۷۰: قلاب های بالابر باید از فولاد با کیفیت مطلوب ساخته شود.

ماده ۱۷۱: هنگام بالابردن مواد مذاب قلاب های بالابر و ترازوهای آویز باید در برابر گرمای تشعشعی و تماس مواد مذاب محافظت شوند. ماده ۱۷۲: خطوط آهن و ریل های هوایی واگن های حمل مذاب نباید از بالای محل های کار دائمی عبور داده شوند.

ماده ۱۷۳: وقتی پاتیل ها بر روی جرانتیل ها یا کانوایرهای سقفی حمل می شوند حداقل باید ۵۰ سانتی متر فاصله ایمن بین سطح خارجی اجزاء متحرک و قسمت های ثابت و تجهیزات برقی اطراف وجود داشته باشد. این امر جاهایی را که مواد مذاب برداشته یا ریخته می شود و یا جایی که پاتیل ها خالی می شوند را شامل نمی گردد. ماده ۱۷۴: مکانیزم قلاب مربوط به حمل و نقل مذاب باید دارای ابزار محدودکننده حرکت به بالا باشد. این ابزار باید بدون استفاده از دیگر ابزارها مستقیماً نیرو را به موتور قلاب قطع نماید و نباید بعنوان کنترل عملیات از آن استفاده شود. اگر از یک سوئیچ محدودکننده بعنوان ابزار کنترل استفاده می شود، از یک سوئیچ ثانویه باید بعنوان محدودکننده حرکت به بالا استفاده شود.

ماده ۱۷۵: اگر بالابرها الکتریکی یا بادی مجهز به ابزار محدودکننده حرکت به پایین نباشند نباید از آنها استفاده نمود مگر اینکه امکان پایین آوردن قلاب به میزانی بیش از مقدار مجاز آن وجود نداشته باشد.

ماده ۱۷۶: تمامی سیم بکسل های (کابل های فلزی) مورد استفاده در حمل و نقل مذاب باید دارای شرایط زیر باشند: الف - سیم بکسل ها (کابل های فلزی) باید دارای هسته فلزی (فولادی) باشد. ب - ظرفیت اسمی سیم بکسل (کابل فلزی) تقسیم بر اجزاء سیم بکسل (کابل فلزی) نباید از ۱۲/۵ درصد استحکام شکست اسمی سیم بکسل (کابل فلزی) بیشتر باشد. ج - امکان آسیب دیدن هسته و روانکار (گریس) در اثر حرارت وجود نداشته باشد. د - زمانی که تلقیح در چند مذاب انجام می شود و پاتیل در حالت آویزان به

بالابر یا جرثقیل متصل است، سیم بکسل های (کابل های فلزی) پایینی، قرقره های پایینی و شاهین حمل مذاب باید به جهت مصون بودن از اثرات واکنش، حفاظ گذاری شوند.

ماده ۱۷۷: کابین اپراتور باید مقاوم به پاشش مذاب یا تشعشع حرارت یا هردوی اینها در زمان سرریز شدن مذاب باشد.

ماده ۱۷۸: دهانه قلاب باید بصورتی باشد تا به راحتی داخل چنگک پاتیل قرار گیرد.

ماده ۱۷۹: از قطعات نگهدارنده مستقل باید برای جلوگیری از سقوط احتمالی تیر مسیر حرکت مونوریل یا جرثقیل آویز استفاده شود تا در زمانی که اشکالی در نگهدارنده های موجود در سیستم به وجود آید وارد عمل گردند. این قطعات نگهدارنده نباید در حالت نرمال تحت بار قرار داشته باشند.

ماده ۱۸۰: در مواقعی که محور، پین یا چرخ سیستم حمل و نقل سقفی مذاب دچار شکست می شود باید با استفاده از قطعات نگهدارنده از سقوط اجزاء متحرک تحت بار جلوگیری شود.

ماده ۱۸۱: قطعات تحت بار سیستم حمل و نقل سقفی مذاب که فقط توسط یک پیچ در جای خود متصل شده اند، باید با استفاده از روش های ایمن از سقوط آنها جلوگیری نمود.

ماده ۱۸۲: تجهیزات مونوریل و جرثقیل های حمل و نقل مذاب باید مجهز به وسایل هشداردهنده شامل چراغ چشمک زن و آژیر باشند.

ماده ۱۸۳: برای سیستم های حمل و نقل سقفی مذاب با سرعت بیشتر از ۴۵ متر در دقیقه باید با استفاده از روش های ایمن نوسانات پاتیل در طی مسیر و در حالتی که پاتیل در بالاترین موقعیت قرار داشته باشد به حداقل برسد.

ماده ۱۸۴: سرعت مونوریل های حمل مذاب در نقاطی از مسیر که مستقیم نبوده و یا در حین گذر از سوئیچ ها یا نقاط تغییر مسیر به منظور به حداقل رساندن امکان پاشش فلز مذاب باید محدود شود. ماده ۱۸۵: یک سیستم قفل کننده باید مسیر متحرک مونوریل را در زمان عبور آن کاملاً محکم نگه داشته و از تغییر جهت اتفاقی و ناخواسته آن جلوگیری نماید.

ماده ۱۸۶: مونوریل ها و جرثقیل های سقفی حمل مذاب در صورت عدم وجود سیستم برق اضطراری، باید مجهز به آزادکننده ترمز بالابر و محرکه های افقی باشند تا در زمان قطع برق بتوان بار مذاب را بصورت اضطراری جابه جا نمود. تجهیزات خاص جا به جایی مواد.

ماده ۱۸۷: وقتی از حفاظ برای ایمن نمودن تجهیزات متحرک باردهی استفاده می شود، فاصله بین حفاظ و تجهیزات باید به میزان کافی باشد تا از گیرافتادن کارگران بین حفاظ و تجهیزات جلوگیری به عمل آید.

ماده ۱۸۸: در طول مسیر حرکت جرثقیل ها و همچنین بر روی پل های جرثقیل ها که شینه های باز برق دار وجود داشته و افراد به آنها دسترسی دارند، باید از علائم هشداردهنده استفاده شود.

ماده ۱۸۹: در قلاب هایی که متصل به مگنت هستند باید با استفاده از روش های ایمن از جداسدن ناخواسته مگنت آن ها از قلاب جلوگیری به عمل آید.

ماده ۱۹۰: جرثقیل هایی که از مگنت برای بالابردن مواد استفاده می نمایند باید دارای سوئیچ مدار مگنت جداگانه باشند که بتوان آن را در حالت باز (خاموش) قفل نمود. ضمناً باید با استفاده از روش های ایمن بتوان انرژی القایی مگنت را تخلیه نمود.

ماده ۱۹۱: مدار سوئیچ قطع جریان مگنت باید مجزا از مدار سوئیچ قطع جریان جرثقیل باشد. از چراغهای نشان دهنده موقعیت « خاموش» یا «روشن» باید برای این وضعیت ها استفاده شود. این چراغها باید بصورتی جا نمایی شده باشند که توسط اپراتور قابل مشاهده باشند. ضمناً از چند عدد لامپ باید برای چراغها استفاده شود تا در اثر سوختن یکی از آنها اپراتور دچار اشتباه نگردد.

ماده ۱۹۲: از کنترل های آویزان نباید برای جرثقیل های مگنتی استفاده نمود مگر اینکه احتیاط های لازم برای جلوگیری از سقوط مواد بر روی اپراتور فراهم گردد.

ماده ۱۹۳: کلیه جرثقیل های مگنتی باید مجهز به سیستم باتری پشتیبان باشند تا در مواقع قطع جریان برق اصلی بتواند وارد مدار شده و از افتادن بار در این وضعیت جلوگیری نماید. این سیستم باید مجهز به سیگنال های صوتی و نوری باشد تا به اپراتور وضعیت قطع جریان برق اصلی و وارد شدن باتری پشتیبان را اعلام نماید.

ماده ۱۹۴: اگر جرثقیل مگنتی دارای کنترل رادیویی باشد، باید با استفاده از روش های ایمن، در زمان از دست رفتن کنترل رادیویی بتوان از غیر مغناطیس شدن مگنت جلوگیری نمود.

ماده ۱۹۵: پلاگ های اتصال مگنت باید بصورتی طراحی شده باشند که جریان های ورودی و خروجی به مگنت بصورت همزمان قطع گردند.

ماده ۱۹۶: باکت های باردهی نباید از بالای محل استقرار کارگران رد شوند. ضمناً اگر باکت ها دارای کابل های غیرفلزی باشند نباید از روی مناطق با دمای بالا عبور داده شوند.

جا به جایی و بارریزی مذاب ماده ۱۹۷: پاتیل ها باید تا سطحی پر شوند که در حین حمل و نقل معمول احتمال پاشش مذاب وجود نداشته باشد. مقدار ارتفاع خالی پاتیل باید حداقل بین ۱۵ تا ۲۰ سانتیمتر باشد. ماده ۱۹۸: مسیر حرکت پاتیل مذاب باید عاری از هر گونه مانع باشد.

ماده ۱۹۹: در زیر مسیر حرکت مذاب نباید هیچگونه تجمعی از مایعات سیال موجود باشد.

ماده ۲۰۰: در قالبهای ریژه مجهز به سیستم آبگرد باید امکان تماس مذاب با آب وجود نداشته باشد.

ماده ۲۰۱: در هنگام انتقال پاتیل های حاوی مذاب باید تمهیداتی لحاظ شود تا از کج شدن ناخواسته آن جلوگیری بعمل آید.

۲۷ ماده ۲۰۲: مقدار مذاب موجود در پاتیل نباید از ظرفیت اسمی پاتیل و چنگک و سیستم حمل کننده آنها بیشتر باشد.
ماده ۲۰۳: پاتیل های حاوی مذاب اضافی که بدلایلی در خارج از خط عملیات نگه داشته شده اند باید تا حد امکان در نزدیکی کف کارگاه قرار گیرند.

ماده ۲۰۴: در مناطق بارریزی و پرشدن پاتیل ها که در آنها از پاتیل های کف ریز استفاده می شود، باید در صورت وجود نشت فلز مذاب با استفاده از روش های ایمن (نظیر پیش بینی گودال ماسه ای) خطرات مربوطه حذف گردد.

جایه جایی و انتقال مذاب در ارتفاع

ماده ۲۰۵: اپراتور تنها باید دستورات شخصی که بالا بر را هدایت می کند اجرا نماید. تبصره: اگر فرمان توقف اضطراری از طرف هر شخصی صادر شود، اپراتور باید این فرمان را اجرا نماید.

ماده ۲۰۶: باید از برخورد جرثقیل ها و مونوریل ها با یکدیگر و یا باضربه گیرها یا موانع متوقف کننده ریل با استفاده از روش های ایمن (نظیر استفاده از کلید های محدودکننده (Switch Limit) و سیستم ضد تصادم خودداری شود. تبصره: در صورت برخورد باید با استفاده از روش های ایمن، پاشش مواد مذاب به حداقل برسد. ماده ۲۰۷: شخصی که هدایت کننده بالا بر است مسئولیت کنترل محکم بودن اتصال بار به بالا بر، حفظ تعادل آن و قرارگرفتن صحیح بار در قلاب را برعهده دارد.

ماده ۲۰۸: در زمان جا به جایی و بالا بردن مواد مذاب باید موارد ذیل رعایت گردد:

الف - مکانیزم حرکت دادن بار نباید دچار افزایش یا کاهش ناگهانی سرعت شود.

ب - هیچگونه مانعی نباید در تماس با پاتیل مذاب قرار گیرد.
ج - پاتیل های حاوی مذاب نباید در مسیر خود از روی کارگران رد شده یا قرار گیرند. از یک هشدار دهنده صوتی برای آگاهی دادن به کارگران نسبت به حرکت پاتیل و نزدیک شدن آن باید استفاده شود.
د - به کارگران نباید اجازه داده شود که در زیر پاتیل های آویزان قرار گیرند.

فصل هفتم - تعمیر و نگهداری و بازرسی از مجموعه ذوب و انتقال مذاب

ماده ۲۰۹: چنگک و دسته پاتیل باید بصورت دوره ای به لحاظ هرگونه تغییر شکل ظاهری، آسیب، وجود شیار و یا ترک و خوردگی سایشی مورد بازرسی قرار گیرد. قطعات معیوب باید تعمیر و یا تعویض شوند.

ماده ۲۱۰: بوته های بسیار بزرگ بعنوان فضای محبوس تلقی شده و کار با آنها نیازمند صدور مجوزهای مربوطه می باشد.

ماده ۲۱۱: بوته ها باید بصورت ماهانه توسط افراد مجاز و دارای مهارت لازم بر پایه شاخص های کاربردی ذیل بازرسی شوند:

الف - فلز ذوب شده

ب - تناوب استفاده

ج - مواد نسوز مورد استفاده در بوته

د - سختی شرایط کار

ه - تجارب بدست آمده در عمر طبیعی کار و - آلیاژ فلزی بکاررفته در بوته فلزی

فصل هشتم - عملیات ثانویه بر روی فلز مذاب

ماده ۲۱۲: کارفرما باید دستورالعمل های اجرایی عملیات ثانویه بر روی فلز مذاب را به نحوی تهیه نماید که مقدار زمان قرارگیری کارگران در مقابل خطرات به حداقل کاهش یابد.

ماده ۲۱۳: انجام عملیات ثانویه یا جوانه زایی و یا هردوی آنها بر روی فلز مذاب تنها باید توسط کارگران مجاز و دارای مهارت لازم انجام پذیرد.

ماده ۲۱۴: درپاتیل های مورد استفاده برای عملیات ثانویه یا جوانه زایی و یا هردوی آنها بر روی مذاب در قسمت بالا، باید با استفاده از روش های ایمن (نظیر نصب سپر حفاظتی و یا اعمال فاصله کافی بین کارگران و پاتیل) از تماس فلز مذاب با کارگران در حین عملیات جلوگیری به عمل آورند.

ماده ۲۱۵: در مخازنی که عمل جوانه زایی در آنها توسط گاز انجام می گیرد، باید بصورت متناوب در خصوص جداره درونی و اتصالات مربوط به گاز مورد بازرسی و تعمیر قرار گیرند.

ماده ۲۱۶: انجام تزریق گاز برای عمل جوانه زایی که منجر به پاشش فلز مذاب می شود ممنوع است.

ماده ۲۱۷: کاربرد کلسیم و مواد حاوی آن (به منظور گوگردزدایی) باید در مناطق خشک نگهداری و استفاده شده و از تماس اتفاقی آنها با رطوبت جلوگیری گردد

ماده ۲۱۸: خشک نمودن نسوز داخل پاتیل ها و مخازن باید مطابق دستورالعمل تهیه شده از طرف کارفرما انجام گیرد. نحوه کار باید به گونه ای باشد که از ترک و شکسته شدن مواد نسوز در حین خشک کردن، پیش گرم نمودن و تماس مذاب جلوگیری گردد.

اخبار ایران و جهان

اخبار ایران

- شرکت فولاد هرمزگان در سال ۱۴۰۰ چه رکوردهایی را از خود بر جای گذاشت؟

فولاد هرمزگان در سال ۱۴۰۰ توانست چند رکورد تولیدی را هم در فولادسازی و هم در آهن اسفنجی به ثبت برساند. در بخش فولادسازی، رکوردهای تولید روزانه و ماهانه شرکت جابه‌جا شد. به طوری که توانستیم در یک روز ۶ هزار و ۵۹۷ تن تختال تولید کنیم که بالاترین میزان تولید روزانه محسوب می‌شود. همچنین در آذر ماه نیز ۱۴۷ هزار و ۵۹۱ تن تختال تولید کردیم که این میزان نیز رکورد شرکت در تولید ماهانه بوده است. ناگفته نماند که در شرکت در ماه‌های مهر و اردیبهشت نیز رکورد تولید تختال به ثبت رسیده بود. تولید تختال سال ۱۴۰۰ فولاد هرمزگان به یک میلیون و ۴۴۲ هزار تن رسید.

در واحد احیا مستقیم نیز یک رکورد تاریخی کسب کردیم و توانستیم یک میلیون و ۷۱۳ هزار و ۳۴۸ تن آهن اسفنجی تولید کنیم. خوشبختانه هر دو مدول احیا مستقیم شرکت در سال ۱۴۰۰ رکورد تولید خود را جابه‌جا کردند و با تولید بیش از ۸۵۰ هزار تن در سال، بیش از ظرفیت اسمی خود آهن اسفنجی تولید کردند.

فولاد هرمزگان در حوزه‌های مختلف دیگر به ویژه مصارف مواد اولیه و مواد افزودنی نیز شاهد رکوردهایی بود و توانست مصرف نسوز خود را هم در کوره‌های قوس، پاتیل‌های فولادی و تاندیش ریخته‌گری کاهش دهد و به ۵,۳۸ کیلوگرم به ازای هر تن مذاب برساند. کاهش مصرف نسوز با توجه به حجم تولید بر کاهش قیمت تمام شده تاثیر بسزایی گذاشته است.

در بخش فروش و کسب درآمد نیز فولاد هرمزگان در سال ۱۴۰۰ توانست از فروش یک میلیون و ۴۹۵ هزار تن تختال و سایر محصولات به درآمد ۲۲۰ هزار و ۸۶۵ میلیارد ریالی دست یابد که این

میزان درآمد، رشد ۶۴ درصدی نسبت به سال ۱۳۹۹ داشته است.

فولاد نیوز، خرداد ۱۴۰۱

- قطعی برق در سال ۱۴۰۰ چه اثری بر عملکرد فولاد هرمزگان داشت؟

همان‌طور که گفته شد، در سال گذشته یک میلیون و ۴۴۲ هزار تن تختال تولید کردیم که با توجه توقف تولید و خاموشی ناشی از کمبود برق، ۱۷۴ هزار تن از تولید را از دست دادیم. به طوری که به علت قطعی برق در تابستان مجبور شدیم کار را تعطیل کنیم و ۸۰ هزار تن تولید نیز به همین دلیل از دست رفت. نکته قابل توجه این است که اگر رکوردهای تولید فولاد هرمزگان در سال ۱۴۰۰ را در نظر بگیریم که همگی بیش از ۱۴۰ هزار تن در ماه رقم خوردند، اگر این توقفات رخ نمی‌داد به تولید یک میلیون و ۷۰۰ هزار تن تختال رسیده بودیم. در صورتی که مطابق با نرخ فروش سال ۱۴۰۰، قیمت تختال را حدود ۱۵ میلیون تومان به ازای هر تن در نظر بگیریم، این یعنی بیش از سه هزار و ۹۰۰ میلیارد تومان از فروش فولاد هرمزگان کاسته شده است و اگر حاشیه سود فولاد هرمزگان نیز ۳۰ درصد باشد (که بیشتر است) یعنی حدود یک هزار و ۳۰۰ میلیارد تومان از سود شرکت و سهامداران کاسته شد. خسارات ناشی از کمبود انرژی گاز و برق، واحد احیای مستقیم را نیز تحت تاثیر قرار داد و در این بخش به میزان ۳۸ هزار تن توقف تولید رخ داد اما با این حال توانستیم رکورد سالیانه را ارتقا دهیم.

با توجه به اینکه سال ۱۴۰۱ از سوی رهبری با عنوان «تولید، دانش‌بنیان، اشتغال‌آفرین» نام‌گذاری شده، فولاد هرمزگان در این سه مقوله چه رویکردی را اتخاذ کرده است؟

فولاد هرمزگان به عنوان پیشرفته‌ترین کارخانه فولادسازی کشور که از تکنولوژی روز دنیا بهره می‌برد، همواره رویکرد دانشی اتخاذ کرده است. دستیابی به رکوردهای تولیدی پیاپی هم در فولادسازی و هم در احیا مستقیم نشان می‌دهد این شرکت همواره دانش را سرلوحه خود قرار داده است. به طوری که شرکت فولاد هرمزگان سال ۱۴۰۱ را با دو رکورد تاریخی آغاز کرد و هم در تولید تختال و هم در آهن اسفنجی رکوردشکنی کردیم. در فروردین ماه به رکورد تاریخی ۱۵۰ هزار و ۴۹۵ تن تختال رسیدیم که ۲۰ درصد بالاتر از ظرفیت اسمی ماهانه یعنی ۱۲۵ هزار تن است. علاوه بر این، ۱۶۵ هزار و ۱۰۱ تن آهن اسفنجی تولید کردیم که بالاترین میزان تولید در یک ماه شرکت، در تاریخ فعالیت محسوب می‌شود. در بخش فولادسازی، کاهش توقفات اضطراری و کاهش پاور آن کوره‌های قوس الکتریک، افزایش سرعت ریخته‌گری و استفاده بهینه از زمان‌ها برای تولید و آماده به کاری تجهیزات، ماده اولیه با کیفیت و همچنین پشتیبانی و نیز حمل و نقل به موقع و سریع از دلایل فنی کسب این رکورد است. همچنین استفاده کردن از زمان با روش افزایش ریت و افزایش سرعت تولید و آماده به کاری تجهیزات در بخش احیا مستقیم باعث رکوردشکنی در تولید آهن اسفنجی شده است.

در حوزه شعار سال نیز هرمزگان از سال‌های گذشته اقدام به شرکت در همایش‌های ملی صنعت فولاد و کسب تجربه از دیگر شرکت‌ها و نیز برگزاری همایش‌های مرتبط با حوزه ریخته‌گری مداوم کرده است. برگزاری دومین کنفرانس فولادسازی و ریخته‌گری مداوم در پایان سال ۱۴۰۰ و نیز برگزاری رویداد علم داده حاکی از رویکردی دانش‌بنیان از سوی فولاد هرمزگان است.

هدف از برگزاری دومین کنفرانس فولادسازی و ریخته‌گری مداوم از سوی شرکت در سال ۱۴۰۰، ایجاد ارتباط موثر بین صنعت و دانشگاه و همچنین به اشتراک‌گذاری تجربیات صنعتی شرکت‌های بزرگ در حوزه فولادسازی و ریخته‌گری مداوم بوده است که خوشبختانه این اهداف تا حدود زیادی محقق شدند. ضمن اینکه از سراسر کشور پذیرای کارشناسان خبره حوزه فولاد و دانشگاهیان بودیم که نقطه نظرات خود را در رابطه با بهبود عملکرد حوزه فولادسازی و ریخته‌گری مداوم ارائه کردند.

دیگر رویداد مهم فولاد هرمزگان در سال ۱۴۰۰، برگزاری رویداد علم داده بود که برگزاری آن با هدف ارائه نقشه راه فولاد هرمزگان در مسیر تحول دیجیتال و ظرفیت‌های این شرکت در بهره‌برداری از داده، آشنایی شرکت‌کنندگان با آخرین دستاوردهای علمی و عملی در حوزه علم داده و ایجاد فضای همکاری بین صنایع، شرکت‌های مجری خدمات علم داده و دانشگاه‌ها در سطح استان و کشور صورت گرفت.

همچنین فولاد هرمزگان همکاری گسترده‌ای را با شرکت‌های دانش‌بنیان در حوزه‌های مختلف آغاز کرده و بازدیدهایی را نیز برای این شرکت‌ها از فولاد هرمزگان ترتیب داده است. هدف اصلی شرکت از این همکاری، بومی‌سازی دانش فنی و پرداختن به مسائل تولید

فولاد است که شرکت‌های دانش‌بنیان قادر به برطرف کردن آن هستند. فولاد هرمزگان به صورت عملی از دانشگاه‌ها و پارک‌های علم و فناوری با سپردن پروژه‌ها حمایت و ایده‌ها را به واقعیت تبدیل می‌کند و در تلاش است نسخه‌پروری را در دستور کار قرار دهد.

در بحث ایجاد اشتغال نیز فولاد هرمزگان علاوه بر اینکه بیش از یک هزار نفر به صورت مستقیم و غیر مستقیم اشتغال ایجاد کرده است، با اجرای طرح‌های توسعه‌ای به دنبال اشتغال بیشتر است. کلنگ‌زنی چهار طرح بزرگ به ارزش بیش از ۱۰ هزار میلیارد تومان در سال ۱۴۰۰ نشان می‌دهد همواره به توسعه تولید و افزایش اشتغال را پیگیری می‌کنیم. عملیات اجرایی طرح‌های مدول سوم آهن اسفنجی با ظرفیت ۹۰۰ هزار تن، واحد تولید گازهای صنعتی با ظرفیت ۱۰ هزار نرمال متر مکعب بر ساعت اکسیژن، سیلوهای ذخیره آهن اسفنجی با ظرفیت ۲۸ هزار تن و مگامدول احیا مستقیم شرکت ستاره سیمین هرمز با ظرفیت یک میلیون و ۷۰۰ هزار تن در سال مجموعاً به ارزش ۱۰ هزار میلیارد تومان طرح‌هایی بودند که توسط شرکت ما در سال ۱۴۰۰ کلنگ‌زنی شدند و در صورتی که به بهره‌برداری برسند، بیش از دو هزار نفر اشتغال ایجاد خواهند کرد.

گفتنی است که طرح‌های توسعه‌ای در فولادی هرمزگان در سال ۱۴۰۰ در حالی آغاز شدند که طی ۱۰ سال گذشته از افتتاح این شرکت، هیچ طرح توسعه‌ای آغاز نشده بود. این طرح‌ها با افزایش ظرفیت ذوب و ریخته‌گری ادامه خواهند یافت و در آینده‌ای نه چندان دور، شاهد شروع پروژه نورد گرم به ظرفیت سه میلیون و ۵۰۰ هزار تن خواهیم بود.

انتظار شما به عنوان یک تولیدکننده از مسئولان امر برای تسهیل در امر تولید و تسریع در اجرای پروژه‌ها جهت اهداف یاد شده چیست؟ در شرایط کنونی انتظاری جز حمایت از سوی مسئولان نداریم. همان‌طور که گفته شد در سال گذشته حدود ۱۰ درصد از تولید به دلیل کمبود انرژی از دست رفت و در این شرایط توقع داریم که مانند سال گذشته، قطعی سراسری برق برای صنعت فولاد تکرار نشود. انتظار دیگری که داریم این است که مسئولان از صدور بخشنامه‌ها و وضع قوانین و مقررات مخل تولید آن هم به صورت یکباره پرهیز کنند. وضع تعرفه برای صادرات در شرایطی ابلاغ شده که صنعت فولاد دومین حوزه ارزآور کشور پس از نفت به شمار می‌رود. بنابراین بخشنامه‌های این‌چنینی تنها به از دست رفتن درآمدهای ارزی کشور و حتی بازارهای صادراتی منجر خواهد شد.

بازار اسفنجی!

تولیدکنندگان القایی بر خلاف سهم پایین‌تر تولید نسبت به سایر روش‌ها، سهم بازار قابل توجهی دارند زیرا تا پایان آذر ماه امسال، حدود سه میلیون و ۴۰۰ هزار تن بیلت و بلوم تولیدی صادر شده است و با توجه به ۹ میلیون تن فولاد باقی‌مانده، سهم بازار القایی‌ها به حدود ۴۰ درصد می‌رسد. در حال حاضر، ظرفیت نصب شده کوره‌های القایی حدود هفت میلیون و ۵۰۰ هزار تن بوده است

و با این حساب، می‌توان گفت که ۴۰ تا ۵۰ درصد از ظرفیت آن‌ها فعال است. همچنین ظرفیت تولید کوره‌های القایی بسیار پایین‌تر از کوره‌های قوس الکتریکی بوده اما حداقل ظرفیت نصب شده برای کوره‌های قوس الکتریکی ۸۰۰ هزار تن در سال است.

تولید شمش به روش القایی با توجه به نوع کوره عموماً با قراضه آهنی انجام می‌شود. البته بسیاری از تولیدکنندگان شمش القایی می‌توانند با استفاده از آهن اسفنجی نیز محصول خود را تولید کنند. بنابراین با توجه به اینکه کمبود قراضه که طی چند سال اخیر تشدید شده، استفاده از آهن اسفنجی در میان تولیدکنندگان القایی رواج یافته است. در حالی که آهن اسفنجی اغلب ماده اولیه فولادسازان دارای کوره‌های قوس الکتریکی بوده و با توجه به حجم بالاتر تولید این کوره‌ها، اغلب این تولیدکنندگان مشتریان آهن اسفنجی هستند. ضمن اینکه تولید ۹ ماهه امسال آهن اسفنجی، ۲۳ میلیون و ۸۰۰ هزار تن بوده است.

از ابتدای سال جاری بیش از دو میلیون و ۵۰۰ هزار تن آهن اسفنجی در بورس کالای ایران عرضه شد که تنها ۹۶۰ هزار تن از آن به فروش رفت و حدود یک میلیون و ۵۴۰ هزار تن دیگر در بورس کالا معامله نشد. میانگین قیمت معامله آهن اسفنجی در بورس کالا در این مدت، ۸۸ هزار و ۲۶۸ ریال به ازای هر کیلوگرم بود؛ در حالی که شمش فولادی به طور میانگین به قیمت ۱۲۷ هزار و ۹۳۰ ریال به ازای هر کیلوگرم در بورس کالا مورد معامله قرار گرفت. این یعنی در سال جاری قیمت آهن اسفنجی به طور متوسط به ۶۸ درصد شمش فولادی رسیده است. در حالی که این قیمت طی سال‌های گذشته به صورت دستوری حدود ۵۰ درصد قیمت شمش فولادی بوده است. جهش ۱۸ درصدی قیمت آهن اسفنجی همگام با سایر محصولات فولادی به ویژه مواد اولیه رخ داده است و دیگر ضرایب قیمتی سابق برای محصولات فولادی مورد استفاده قرار نمی‌گیرند.

تولیدکنندگان شمش فولادی که با قیمت‌های جدید آهن اسفنجی سر و کار دارند، متحمل هزینه‌های زیادی می‌شوند که این موضوع به ویژه در مورد تولیدکنندگان القایی بیشتر به چشم می‌خورد. این تولیدکنندگان در حال حاضر، با در اختیار داشتن حدود ۱۱۰ کارخانه، ظرفیت تولیدی در حدود هفت میلیون و ۵۰۰ هزار تن در سال دارند. این یعنی به طور متوسط، هر کارخانه القایی حدود ۷۵ هزار تن در سال ظرفیت تولید دارد. در حالی که به طور متوسط هر هفته شاهد عرضه ۱۰۰ هزار تن آهن اسفنجی در بورس کالا از سوی تولیدکنندگان هستیم، میزان عرضه این ماده اولیه از ظرفیت سالانه بسیاری از تولیدکنندگان القایی بالاتر است اما بسیاری از آن‌ها نمی‌توانند در مقیاس‌های تعریف شده بورس کالا، آهن اسفنجی خریداری کنند. نکته مهم دیگر بالاتر بودن قیمت تمام شده در واحدهای کوچک القایی است. به طوری که هزینه‌های تولید این تولیدکنندگان با احتساب هدررفت مواد اولیه، حدود سه هزار و ۵۰۰ تومان به ازای هر کیلوگرم است. در بهمن ماه قیمت شمش فولادی به طور میانگین ۱۲۸ هزار و ۱۷۷ ریال به ازای هر کیلوگرم معامله

شد؛ در صورتی که قیمت معامله آهن اسفنجی ۸۸ هزار و ۶۵۸ ریال به ازای هر کیلوگرم بوده است. هر چند که قیمت آهن اسفنجی در بورس کالا طی یکی دو ماه اخیر، چند نوبت از قیمت‌های صادراتی پیشی گرفت و مورد اعتراض مصرف‌کنندگان واقع شد.

اگر یک فولادساز القایی تنها از آهن اسفنجی برای تولید شمش استفاده کند، تفاوت سه هزار و ۹۵۰ تومانی شمش فولادی و آهن اسفنجی تنها ۴۵۰ تومان سود برای این واحد باقی می‌گذارد. همچنین قیمت قراضه نیز از ۱۰ تا ۱۱ هزار و ۳۰۰ تومان به ازای هر کیلوگرم است و همین گران بودن و البته دشواری دسترسی به آن، خود موجب شده تا تولیدکنندگان شمش القایی به مصرف آهن اسفنجی روی آورند که هم هدررفت زیادی دارد (هدررفت قراضه آهنی کمتر از ۵ درصد و هدررفت آهن اسفنجی حدود ۲۰ درصد است) و هم ذوب آن زمانی بیشتری را نسبت به قراضه صرف می‌کند. بنابراین گران شدن آهن اسفنجی به تدریج تولیدکنندگان القایی را از حاشیه سود بسیار کم خارج و وارد حاشیه زیان می‌کند که نتیجه این زیان در نهایت تعطیلی آن‌ها خواهد بود. به نظر می‌رسد اگرچه به طور عینی، خبری از قیمت‌گذاری دستوری و ضرایب سابق آن نیست ولی سایه مدیریت قیمت‌ها، سبب شده است تا قرعه ضرر این بار به نام فولادسازان القایی بیفتد که مشخص نیست چه میزان توانایی زورآزمایی با بازار را داشته باشند. بنابراین ضروری است دولت به جهت ایجاد فضای سالم رقابت در بازار فولاد، ریشه‌های قیمت‌گذاری هدفمند را بخشکاند زیرا هرگونه کنترل‌گری بازار، نتیجه‌ای جز تعطیلی کسب و کارها ندارد. ضمن اینکه بسیاری از واحدهای القایی با توجه به مقیاس عرضه و میزان نیاز خود، قادر به خرید از بورس کالا نیستند و دولت می‌تواند سهمیه اختصاصی برای آن‌ها در نظر بگیرد. البته دولت، صادرات شمش القایی را آزاد کرده و مجوز افزایش قیمت را به نوعی به این تولیدکنندگان داده است که می‌تواند برای این بخش از زنجیره فولاد امیدوارکننده باشد.

فولاد نیوز، خرداد ۱۴۰۱

– راه‌اندازی بزرگ‌ترین کارخانه تولید استنلس استیل کشور در آینده نزدیک

کارخانه فولاد اردستان در حال حاضر در حال نصب یک کوره ۵۰ تنی قوس الکتریکی منحصر به فرد در کشور است که برای تولید انواع محصولات آلیاژی است و به طور مشخص این واحد تنها واحدی خواهد بود که در کشور بعد از راه‌اندازی توان تولید استنلس استیل را دارد.

به زودی این واحد تولیدی در شهرستان اردستان در صنعت آلیاژی کشور حرف‌های نو برای گفتن در کشور خواهد داشت و ما امروز بر لبه تکنولوژی تولید دنیا قرار داریم و با استقرار این کوره و بخش‌های جانبی آن به طور مشخص ما در مرز تکنولوژی دنیا از این حیث قرار می‌گیریم و توانایی انواع محصولات آلیاژی مختلف جهت

کاربرد در صنعت مختلف را این واحد تولیدی پیدا خواهد کرد. این واحد تولیدی برای مجموعه شهرستان اردستان هم قطعا یک امتیاز منحصر به فرد است و در حال حاضر این مجموعه با تولید گلوله‌های فولادی بزرگترین تولید واحد تولیدکننده گلوله فولادی در سطح کشور هست و عمده معادن بزرگ کشور از محصولات این کارخانه در حال بهره‌مندی و استفاده هستند.

وقوع این اتفاق را به فال نیک گرفته و امیدواریم که دوستان هرچه زودتر وارد مرحله بهره‌برداری شوند و خوشبختانه ماشین‌آلات آن هم علی‌رغم مشکلاتی که وجود داشت، خریداری شده و در یک فرایند بسیار طولانی وارد ایران شده است و تمام مراحل نصب ماشین‌آلات را توسط متخصصین داخلی شرکت و پیمانکاران ایرانی داخل کشور در حال نصب است که این نکته می‌تواند حائز اهمیت باشد.

این واحد تولیدی در حال حاضر از لحاظ تعداد بیمه شده تامین اجتماعی، بزرگ‌ترین واحد کارگری شهرستان اردستان محسوب می‌شود که در چند سال گذشته هم به لحاظ نوع فعالیت و تنوع محصولات تولیدی و جذب نیروی انسانی رشد قابل ملاحظه‌ای را داشته است و دغدغه‌ایی که موجب ارتقا سطح نیروهای کار و جایگاه آن‌ها می‌شود تذکر دادیم تا مد نظر قرار گرفته شود و باعث رابطه بهتر کارگری و کارفرمایی شود.

فولاد نیوز، خرداد ۱۴۰۱

افت تولید و صادرات به دنبال تحریم‌های داخلی و خارجی

در سال ۱۳۹۰، شروع به تولید قابلمه و همچنین راه‌اندازی خط ریخته‌گری گرده آلومینیومی کرده‌ایم و تا کنون در این مسیر فعال بوده‌ایم. برای تامین مواد اولیه، از شرکت‌هایی مانند ایرالکو، سالکو، المهدی و... خرید انجام می‌دهیم.

در خصوص تامین مواد اولیه با چالش خاصی مواجه نبودیم و صرفا نوسانات قیمت مواد اولیه است که بیشتر تولیدکنندگان را به لحاظ تامین نقدینگی کافی برای خرید، کمی دچار دردسر می‌کند. مواد اولیه آلومینیومی به وفور در بازار یافت می‌شود که تامین‌کنندگان آن از شرکت‌های معتبر هستند. میزان تولید محصول در این شرکت نیز متغیر است و در بازه‌های زمانی مختلف به عنوان مثال، روزانه ۲۰ تن تولید داشته‌ایم اما گاهی این میزان تا ۳ تن نیز کاهش یافته است.

مدیر بازرگانی شرکت سیما ظروف نگین در خصوص کیفیت محصولات تولید شده در این شرکت، عنوان کرد: محصولات شرکت سیما ظروف نگین دارای کیفیت بسیار بالایی بوده زیرا ۸۰ تا ۹۰ درصد محصولات ما صادراتی است و به همین جهت، باید کیفیت محصول خود را در حد استانداردهای جهانی نگه داریم. در بازارهای صادراتی کشورهایی مانند افغانستان، عراق، پاکستان و... محصولات این شرکت عرضه و به فروش می‌رسد. تا سال گذشته با کشور روسیه نیز مرادوات تجاری داشتیم اما از آغاز سال ۱۴۰۰ تاکنون هنوز موفق به از سرگیری رابطه تجاری با این کشور نشده‌ایم.

وی در ارتباط با تاثیرگذاری تحریم‌ها بر روند فعالیت تولیدی شرکت، عنوان کرد: متأسفانه تاثیر منفی تحریم روی تولید شرکت، مستقیم بوده است؛ چراکه به واسطه آن، نرخ دلار و قیمت مواد اولیه مورد نیاز افزایش پیدا کرد. با توجه به افزایش قیمت مواد اولیه، قیمت تمام شده محصولات نیز بالا رفته و همین امر سبب شده است تا صادرات محصولات نسبت به دو سه سال گذشته، به میزان ۳۰ تا ۴۰ درصد محدودتر شود.

وی ادامه داد: از اصلی‌ترین عوامل به وجود آمدن این شرایط نابسامان برای اکثر تولیدکنندگان محصولات آلومینیومی، تصمیم‌گیری‌های بی‌پشتوانه دولت است که به صورت مستقیم بر فعالیت ما اثر می‌گذارد. دولت موظف است برای حل معضلات، راهکارهای منطقی ارائه دهد؛ نه اینکه بدون فکر، تصمیم‌هایی اتخاذ کند که بیش از پیش سد راه تولید شود. به عنوان مثال، در زمینه بازگشت ارز حاصل از صادرات، معضل مهمی که وجود دارد، این است که باید ارز در سامانه‌های ارزی قرار بگیرد که این اتفاق اصلا به نفع تولیدکننده نیست و صرفه اقتصادی صادرات را از بین می‌برد زیرا نرخ ارز نیمایی با نرخ ارز آزاد دارای اختلاف قیمت است. از سوی دیگر، معضل قیمت بالای مواد اولیه وارداتی است که علت آن به جهش نرخ ارز و هزینه‌های گمرکی برمی‌گردد و فعالیت شرکت را تحت‌الشعاع خود قرار داده است.

مدیر بازرگانی شرکت سیما ظروف نگین در ارزیابی وضعیت بازار فروش محصولات خود، عنوان کرد: به علت افت میزان صادرات محصولات در بازارهای جهانی، به تبع آن، میزان تولید نیز نزدیک به ۴۰ درصد کاهش پیدا کرد. منتظر هستیم تا ببینیم آیا قرار است قوانین جدیدی در این حوزه وضع شود و به اجرا دربیاید یا خیر. چراکه رفع همه این معضلات به طور مشخص، نیازمند بازنگری در قوانین است تا هم موانع مختلف تولید به تدریج حذف شود و هم تولیدکننده توانایی افزایش مجدد میزان تولید خود را بتواند به دست بیاورد.

وی در پاسخ به سوال خبرنگار «فلزات آنلاین» مبنی بر اینکه آیا طرح توسعه‌ای برای شرکت سیما ظروف نگین در نظر گرفته شده است یا خیر، مطرح کرد: قصد داریم خط تولید جدیدی در زمینه تولید ظروف آلومینیومی به روش تزریق آلومینیوم راه‌اندازی کنیم که البته این برنامه برای سال‌های آینده و بعد از رفع برخی چالش‌های اساسی و جدی به صورت کامل به بهره‌برداری خواهد رسید.

فولاد نیوز، خرداد ۱۴۰۱

واردات فروسیلیکومنگنز با اختصاص ارز نیمایی

سه کارخانه تولید فروآلیاژ در اختیار داریم که کارخانه‌های «مگنز شهاب شرق»، و «فروآلیاژ کرمان»، تولیدکننده فرومگنز و فروسیلیکومگنز و «تولیدی ذوب کاوان»، تولیدکننده فروسیلیکومگنز است. سال گذشته، کارخانه ذوب کاوان تعطیل بود و در سال جاری به مدار تولید بازگشت اما تولید کارخانه مگنز

شهاب شرق به دلیل عدم تامین مواد اولیه متوقف شده است. مجموع ظرفیت تولید این کارخانه‌ها حدود ۵۰ هزار تن در سال بوده که از این میزان ۱۵ هزار تن آن فعال است.

وی افزود: برای کارخانه منگنز شهاب شرق، باید سنگ منگنز به عنوان ماده اولیه تولید فرومنگنز وارد کشور شود زیرا میزان سیلیس این سنگ پایین و در حد ناچیز باشد و در کشور ما معدن سنگ منگنز با سیلیس پایین بسیار کم است و اگر وجود دارد، تولید از آن صورت نمی‌گیرد. سنگ منگنز را با ارز آزاد و هزینه شخصی به کشور وارد کردیم اما متأسفانه ۶ ماه است که در بندر مانده و اجازه ترخیص به آن داده نمی‌شود. به همین دلیل، این کارخانه در ۶ ماه گذشته نتوانسته تولید داشته باشد.

واردات سنگ منگنز

مدیرعامل شرکت فروآلیاژ کرمان تصریح کرد: برای تولید هر دو نوع فرومنگنز و فروسیلیکومنگنز نیاز به سنگ منگنز است که در طبیعت عمدتاً به صورت اکسیدی یافت می‌شود. در ایران، معادن منگنز با سیلیس بالا وجود دارد که از جمله آن‌ها می‌توان به معدن ونارچ قم اشاره کرد. این معادن برای تولید فروسیلیکومنگنز مناسب هستند. باید توجه داشت که برای تولید این فروآلیاژ سنگ منگنز باید حدود ۱۴ درصد سیلیس داشته باشد. به این ترتیب، در تولید فروسیلیکومنگنز، برخلاف تولید فرومنگنز، سیلیس به عنوان یک عنصر مزاحم تلقی نمی‌شود. برای تولید فرومنگنز، حداکثر سیلیس مجاز برای سنگ باید کمتر از ۲ درصد باشد.

وی اذعان کرد: زمانی که تحریم وجود نداشت، صنعت فروآلیاژ کشور می‌توانست از تولیدکنندگان بزرگ مواد اولیه همچون واله، بی‌اچ‌پی بیلیتون و... مواد اولیه خود را تامین کند اما اکنون بخشی از نیاز، از طریق واردات تامین می‌شود و باید بیش از گذشته به معادن کوچک داخلی اکتفا کرد.

این تولیدکننده اضافه کرد: عمده آهن برای تولید فروآلیاژ در سنگ منگنز وجود دارد. به طور مثال، سنگ منگنز معدن ونارچ در قم، حاوی حدود ۳۳ درصد منگنز، ۲۸ درصد سیلیس و ۴ تا ۵ درصد آهن است. اگر میزان آهن سنگ منگنز برای تولید فروآلیاژ کم باشد، می‌توان از سنگ آهن نیز استفاده کرد. با این حال، عمده آهن مورد نیاز از پوسته اکسیدی فولاد در حین عملیات خنک کردن و یا نوردکاری آن تامین می‌شود. قیمت این پوسته اکسیدی بسیار مناسب است و در کشور ما که فولاد و محصولات فولادی به میزان نسبتاً زیادی تولید می‌شود، پوسته اکسیدی به فراوانی یافت می‌شود. سیلیس نیز به عنوان دیگر ماده اولیه تولید فروسیلیکومنگنز در کشور ما فراوان است؛ البته قیمت هر تن آن تا یک ماه قبل حدود ۲۰۰ هزار تن بود اما اکنون به بیش از ۳۰۰ هزار تومان رسیده است.

از سال ۱۳۷۰ وارد صنعت فروآلیاژ و مشغول به تولید فرومنگنز و فروسیلیکومنگنز شدیم. نخستین واحدهای تولیدی این صنعت در سال ۱۳۷۴ به بهره‌برداری رسید. روند پیشرفت تولید فرومنگنز و فروسیلیکومنگنز به گونه‌ای بود که در سال ۱۳۹۰، یعنی ۱۶ سال

بعد، واردات سنگ منگنز به کشور به ۱۷۰ هزار تن و میزان تولید دو فرآورده فروآلیاژی آن به ۷۰ هزار تن رسید. گفتنی است که تنها کاربرد سنگ منگنز، تبدیل آن به فروآلیاژها است. بنابراین جلوگیری از واردات این ماده بی‌معنا است. در حال حاضر، واردات سنگ منگنز به کشور سالانه به حدود ۱۵ تا ۲۰ هزار تن می‌رسد. قابل ذکر است که تا قبل از سال ۱۳۹۰ که تحریم‌ها مطرح نبود، بانک‌های داخلی تا ۱۰ میلیون دلار با نرخ بهره ۵ درصد برای واردات سنگ منگنز ارز در اختیار ما می‌گذاشت و می‌توانستیم با این میزان ارز، به راحتی اقدام به واردات ۳۰ تا ۴۰ هزار تن سنگ منگنز تنها با یک کشتی به ایران کنیم که کفاف یک سال تولید شرکت‌های زیرمجموعه را می‌داد.

وی تاکید کرد: چین که بزرگ‌ترین تولیدکننده فروآلیاژهای منگنزدار در جهان است و در هر سال حدود ۱۰ میلیون تن سنگ منگنز وارد می‌کند. در کشور ما نیز می‌توان تا بهره‌برداری مکانیزه و کامل از معادن منگنز، اجازه واردات را داد و ذخایر این فلز را برای سال‌های آتی نگه داشت.

فروش فروآلیاژ به نرخ جهانی

مدیرعامل شرکت فروآلیاژ کرمان خاطرنشان کرد: مسئولان نسبت به صنایع پایه و تامین‌کننده بی‌توجه هستند. نکته قابل توجه این است که استیجاری یک سال گذشته، جزئیات آمار و اطلاعات واردات از سایت گمرک حذف شده است و دیگر منتشر نمی‌شود. با این وجود، طبق برخی آمارهای موثق، طی پنج ماه نخست سال جاری، حدود ۱۹ هزار تن واردات فروسیلیکومنگنز به ارزش تقریبی ۱۹ میلیون دلار صورت گرفته است.

مشکل اساسی تولیدکنندگان فرومنگنز و فروسیلیکومنگنز تنها واردات است. در شرایطی که ظرفیت خالی برای تولید این دو فروآلیاژ در کشور وجود دارد، چرا مجوز واردات داده می‌شود؟ یکی از بهانه‌های واردات فرومنگنز و فروسیلیکومنگنز به کشور، گران بودن ۱۰ درصدی قیمت تولید داخلی نسبت به واردات است. در حالی که این گران بودن شامل بسیاری از اقلام همچون محصولات فولادی، خودرو و... می‌شود. گفتنی است که برای واردات مواد اولیه تولید فروآلیاژ ۵ تا ۱۵ درصد تعرفه لحاظ شده است. بنابراین فروش فرومنگنز و فروسیلیکومنگنز تقریباً با قیمت جهانی انجام می‌شود. به نظر می‌رسد که واردات این دو نوع فروآلیاژ با سود چندانی همراه نیست و تنها در صورت اختصاص ارز دولتی می‌توان واردات آن‌ها را سودآور کرد.

تغییر حاشیه سود

مدیرعامل شرکت فروآلیاژ کرمان در خصوص میزان حاشیه سود تولید فرومنگنز، عنوان کرد: ۶۵ تا ۷۰ درصد هزینه تولید فرومنگنز، به تامین سنگ منگنز مربوط می‌شود. و حاشیه سود آن ۲۰ تا ۳۰ درصد است. در حالی که سنگ منگنز تنها ۵ درصد از تولید فروسیلیکومنگنز را تشکیل می‌دهد و حاشیه سود آن ۱۰ تا ۲۰ درصد است. قیمت واردات سنگ منگنز حدود ۲۱۰ تا ۲۲۰

دلار به ازای هر تن است. فرومگنز و فروسیلیکومگنز در مقایسه با فروسیلیس سود بسیار کمتری دارند.

وی ابراز کرد: عمده فروآلیاژ فروشی در بازار به صورت کلوخه است؛ هر چند که برخی مصرف‌کنندگان خواهان فروآلیاژهای پودری نیز هستند. تقریباً ۹۰ درصد فروآلیاژها به صورت کلوخه به مشتریان تحویل داده می‌شود. گفتنی است که قیمت پودر حدوداً ۳۰ درصد از قیمت کلوخه پایین‌تر است.

فولاد نیوز، خرداد ۱۴۰۱

همایش‌ها و نمایشگاه‌های داخلی در سال ۱۴۰۱			
ردیف	عنوان	تاریخ	محل
۱	یازدهمین کنفرانس بین‌المللی مهندسی مواد و متالورژی (Imat2022)	آبان	تهران
۲	هجدهمین نمایشگاه بین‌المللی متالورژی ایران متافو ۲۰۲۲	۱۴ الی ۱۷ آذر	نمایشگاه بین‌المللی تهران
۳	نمایشگاه بین‌المللی معدن، صنایع معدنی، فراوری مواد معدنی، ماشین‌آلات معدنی و راهسازی، خدمات و تجهیزات وابسته	۱۷ الی ۱۹ آذر	زنجان

اخبار جهان - بازار فولاد چین

قیمت فولاد در بازار چین هفته گذشته شاهد روندهای متفاوتی بود که دلیل آن کاهش تقاضا، ابتلای مجدد به کرونا در برخی از مناطق چین و محدودیت های جدید تولید اعلام شده توسط مقامات دولتی بود. قابل ذکر است صادرات فولاد چین در ماه می در مقایسه با ۴,۹۸ میلیون تن آوریل، ۵۶ درصد افزایش یافت و به ۷/۷۶ میلیون تن رسید. واردات فولاد نیز در ماه می به ۸۱۰ هزار تن رسید که ۱۶ درصد نسبت به ۹۶۰ هزار تن ماه قبل کاهش داشت. واردات سنگ آهن در ماه می به ۹۲/۵۲ میلیون تن رسید که ۸ درصد در مقایسه با ۸۶/۰۶ میلیون تن آوریل افزایش داشت. سنگ آهن ۶۲ درصد هفته گذشته از ۱۴۷/۲۵ دلار به ۱۴۱/۵۵ دلار هر تن سی اف آر رسید. کاهش واردات همچنان فعالان بازار را محتاط نگه داشته است. در همین حال، پس از افزایش مالیات صادرات سنگ آهن در هند، فعالان بازار گفتند که انتظار دارند تقاضا برای گندله هند با توجه به عرضه محدودی که به چین دارد افزایش یابد. موجودی سنگ آهن در بنادر اصلی چین به ۱۲۸/۳۰ میلیون تن رسید که در مقایسه با ۱۳۲ میلیون تن هفته گذشته ۳۰/۷ میلیون تن کاهش یافته است. از طرفی قیمت بیلت در بازار داخلی چین ۳ دلار رشد هفتگی داشته به ۶۷۴ دلار هر تن رسید و میلگرد در بورس شانگهای رشد جزئی یک دلاری داشته به ۷۱۴ دلار رسید. قیمت ورق گرم صادراتی چین نیز ۵ دلار بالا رفته به ۷۸۵ دلار هر تن فوب شنیده شد. در بازار داخلی ورق گرم ۷۲۴ تا ۷۲۷ دلار هر تن شنیده شد و در ثبات بود. میلگرد نیز در بازار داخلی چین ۷ تا ۱۰ دلار افت داشته ۶۹۳ تا ۶۹۶ دلار هر تن درب کارخانه شنیده شد.

فولادنیوز، خرداد ۱۴۰۱

- عربستان سعودی حجم عرضه نفت به چین را کاهش داد

عربستان سعودی در ماه ژوئیه نفت خام کمتری برای برخی از خریداران چینی خود ارسال خواهد کرد. بسیاری از خریداران در آسیا تقاضای نفت خام بیشتر عربستان را برای ماه ژوئیه کرده اند، زیرا بشکه های خاورمیانه ارزان تر از بشکه های دریای شمال و ایالات متحده است. منابع بلومبرگ می گویند سعودی ها به طور کامل تمام درخواست های چین را برآورده نمی کنند، اما تمام حجم و حتی بشکه های اضافی را برای برخی از مشتریان در هند، ژاپن، کره جنوبی و تایلند تامین خواهند کرد. عربستان سعودی قیمت های فروش رسمی (OSP) خود را به آسیا و اروپا برای ماه ژوئیه افزایش داد. حاشیه های قوی پالایش در آسیا در بحبوحه بحران جهانی سوخت نیز در تصمیم عربستان برای افزایش قیمت فروش نفت خود در آسیا نقش داشت. بسیاری از مشتریان عربستان سعودی در آسیا تقاضای عرضه بیشتر از عربستان را دارند زیرا ترجیح می دهند از محموله های روسیه دوری کنند. با این حال، چین و هند به خرید نفت روسیه ادامه می دهند.

همایش ها و نمایشگاه های خارجی در سال ۲۰۲۲			
ردیف	عنوان	تاریخ	محل
۱	نهمین نمایشگاه بین المللی شکل دهی، ساخت و تکمیل فلزات	۲ تا ۵ اکتبر	ریاض، عربستان سعودی
۲	مقال اکسیو استانبول ۲۰۲۲، ۲۸ سپتامبر - ۱ اکتبر ۲۰۲۲، نمایشگاه تجاری آهن، فولاد، محصولات فلزی و فناوری های ساخت	۲۸ سپتامبر	استانبول، ترکیه
۳	بیست و دومین کنگره و نمایشگاه بین المللی صنعت ریخته گری - FundiExpo	۲۸-۳۰ سپتامبر	مونتری، مکزیک
۴	دوازدهمین کنفرانس و نمایشگاه جهانی فولاد ضد زنگ ۲۰۲۲	۲۷-۲۹ سپتامبر	ماستریخت، هلند
۵	کنگره ریخته گری اسپانیا ۲۰۲۲	۲۲ سپتامبر ۲۰۲۲	بیلیائو، اسپانیا
۶	هفته متال کره ۲۰۲۲ ریخته گری و ریخته گری، آهنگری، جوشکاری، تصفیه سطح فلز، لوله و لوله، کنترل و اندازه گیری، کامپوزیت، فناوری سه بعدی.	۲۱ تا ۲۳ سپتامبر	گویانگ، کره جنوبی
۷	سی امین کنفرانس جهانی منبع سازی ریخته گری، ۲۱ سپتامبر ۲۰۲۲، چینگدائو، چین، castings.foundry.cn سی امین کنفرانس جهانی منبع سازی ریخته گری ۲۰۲۲	۲۱ سپتامبر	چینگدائو، چین
۸	بیست و سومین نمایشگاه بین المللی محصولات ریخته گری چین (گوانگژو)، ۲۰۲۲ بیست و سومین نمایشگاه بین المللی محصولات ریخته گری چین (گوانگژو)	۲۰ تا ۲۲ سپتامبر	گوانگژو، چین
۹	بیست و چهارمین نمایشگاه بین المللی فناوری های ریخته گری - فلز ۲۰۲۲	۲۰ تا ۲۲ سپتامبر	کیلچه، لهستان
۱۰	چهارمین سمپوزیوم اروپایی سوپرآلیاژها و کاربردهای آنها	۱۸-۲۲ سپتامبر	بامبرگ، آلمان
۱۱	کنفرانس پردازش و ریخته گری فلزات مایع - LMPC	۱۸-۲۱ سپتامبر	فیلادلفیا، ایالات متحده آمریکا
۱۲	شصت و دومین کنفرانس بین المللی ریخته گری (IFC) و نمایشگاه - پورتوروز ۲۰۲۲	۱۴ تا ۱۶ سپتامبر	پورتوروز، اسلوانی
۱۳	دوازدهمین کنگره و نمایشگاه بین المللی "فلزات و مواد معدنی غیر آهنی" NFMSib-۲۰۲۲ بیست و ششمین کنفرانس آلومینیوم سیبری، شانزدهمین کنفرانس طلای سیبری، پانزدهمین کنفرانس متالورژی فلزات غیر آهنی، کمیاب و گرانبها.	۵ تا ۹ سپتامبر	کراسنویارسک، روسیه
۱۴	هجدهمین کنفرانس بین المللی آلیاژهای آلومینیوم - ICAA18	۴ تا ۸ سپتامبر	تویاما، ژاپن

جهت کسب اطلاعات بیشتر به سایت <https://www.castingarea.com/events.htm> مراجعه نمایید.

اثر اندازه عیب بر ازدیاد طول نسبی قطعات ریختگی آلومینیومی

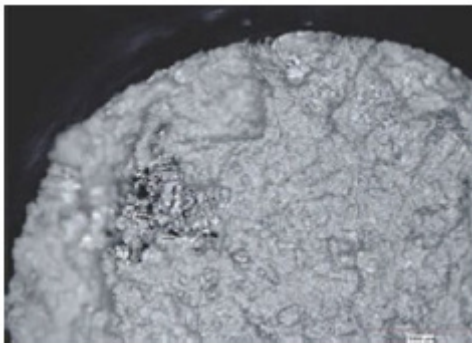
Effect of defect size on tensile elongation in Aluminum castings

شیوا خاتمی زاده، انجمن علمی ریخته گری ایران

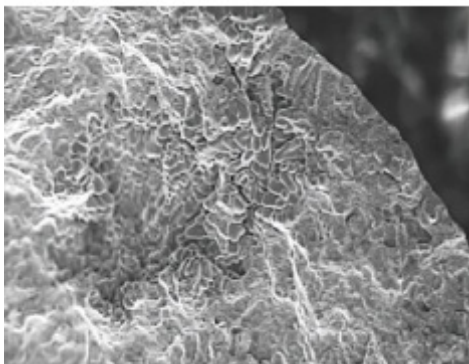
IRFS.EDU@GMAIL.COM

مقدمه

اندازه کلی عیب و کاهش درصد ازدیاد طول نسبی نمونه وجود دارد.



شکل (۱) تصویر به وسیله میکروسکوپ استریو با بزرگنمایی ۳۰ برابر است سطح شکست نمونه استوانه ای کشش نشان دهنده یک عیب بزرگ. به نظر می رسد عیب در یک ناحیه از تخلخل انقباضی دندریتی به وجود آمده است.



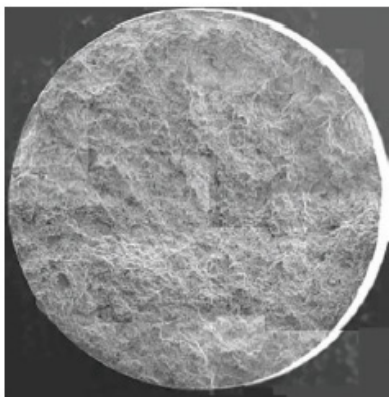
شکل (۲) تصویر به وسیله با بزرگنمایی ۴۰ برابر از همان نمونه کشش در شکل ۱ در این تصویر مرزهای و محیط آن واضح تر است به طوری که مشخص میشود تخلخل انقباضی است.

خصوصیات کششی اطلاعات با ارزش درباره یک محصول و یا آلیاژ تامین می نماید. داده های کششی می تواند نشان دهد آیا نوع آلیاژ، فرایند تولید خصوصاً عملیات حرارتی به کار رفته صحیح است، همچنین به عنوان یک ابزار کنترل کیفی مهم روندها و مشکلات بالقوه را قبل از وقوع مشخص نماید.

آزمون خصوصیات کششی به تولید کننده یک تصویر فوری از شرایط آلیاژ محصول از نقطه نظر استحکام نهایی کشش، استحکام تسلیم، مدول الاستیسیته و ازدیاد طول نسبی می دهد. این اطلاعات می تواند با خصوصیات مورد نظر محصول مقایسه شده و برای پذیرش یارت تکبار، زوب یا کل بار به کار رود. تعقیب روند خصوصیات « می تواند تغییرات در فرایند ریخته گری را نیز آشکار نماید و بدین ترتیب آلیاژ می تواند مورد بررسی قرار گرفته و قبل از رسیدن به یک مرحله بحرانی تنظیم گردد. در برخی مواقع این داده ها کمک می کنند تا قطعات حساس در شرایط کاری نرمال دچار شکست نشوند. اما یک مشکل در خصوص آزمون کششی این است که نمونه های کشش برداشته شده از قطعات ریخته گری می تواند به دلیل وجود عیوب طبیعی مک ها، اکسیدها، اتصالات سرد حساس، به گسیختگی ابتدایی باشند. این عیوب شاید نسبت به کل قطعه بسیار کوچک باشند ولی هنگامی که به سطح مقطع نمونه استوانه ای کشش نگاه می شود می توانند یک نقطه برای آغاز گسیختگی باشد.

تحقیقی در خصوص اثر اندازه ی عیب (سطح)

انواع آلیاژها، عملیات حرارتی، نوع نمونه و اندازه نمونه همچنین اثر حجم کلی عیب در برابر مساحت سطحی شکست بر روی درصد ازدیاد طول نسبی انجام شد. نتایج نشان داد ارتباط مناسبی بین



شکل ۴) تصویر به وسیله SEM با بزرگنمایی ۴۰ برابر از شکل ۲ پس از اندازه گیری عیب با نرم افزار CEMEX. توجه شود عمق زمینه واضح تر بوده و امکان تعیین سطح کامل عیب آسان تر است در مقایسه با شکل ۳ سطح عیب، به محیط آن و ECD نسبت به تصویر میکروسکوپی اصلی و بزرگ تر می باشد.

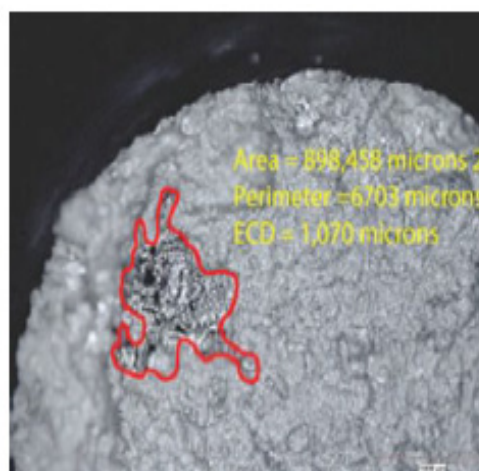
تحقیقات قبلی

مطالعات زیادی برای آگاهی از تاثیر رفتار کشش آلیاژهای آلومینیوم بر تخلخل ناشی از گاز محبوس شده و تخلخل انقباضی، داده شده است که خصوصیات کششی یک نمونه استوانه ای ارتباط ناچیزی با کیفیت کل آلیاژ داشته و با درصد ناحیه عیوب در سطح شکست نمونه که روند موضوعی دارد، مرتبط می باشد. بیان این مطلب به صورت دیگر این است که اندازه و شکل عیوب و همچنین نوع نمونه کشش می تواند درجه تاثیر عیوب به نتیجه کشش را تعیین کند. به این معنی که با کوچکتر شدن از سطح مقطع، نیاز به عیوب کوچکتری برای تاثیر خصوصیات مکانیکی خواهد بود. نمونه های بزرگ و یا تعداد زیاد ترکیبات بین فلزی نیز می تواند بر رفتار کششی نمونه های استوانه ای موثر باشد. همچنین سرعت سرد شدن و انجماد و اندازه فاصله بازو های ثانویه (SDAS) متاثر از آن نیز می تواند خصوصیات کششی اثرگذار باشد. در یک تحقیق کاهش سرعت سرد شدن از ۴۵ به ۲۵ درجه سانتیگراد در ثانیه برای یک آلیاژ موجب تغییر ۸۰ درصدی در میزان ازدیاد طول نسبی شده که این امر به دلیل تغییر در SDAS از ۱۰ به ۵۰ میلیون بوده است. همچنین استحکام نهایی کشش و استحکام تسلیم نیز به ترتیب ۲۵ و ۱۳ درصد افزایش داشته اند. در نهایت عملیات حرارتی هم می تواند نقش قابل ملاحظه ای در خصوصیات کششی داشته باشد. بعلاوه ابعاد نمونه نیز به طور قابل توجهی نسبت به توده آلیاژ بر خصوصیات کششی موثر است. در یک تحقیق اخیر بر روی اندازه گیری خصوصیات آلیاژهای ریختگی آلومینیم از طریق قطعات ریخته گری مرجع انجام شد، مشخص گردید که شکل استوانه کشش می تواند تا ۵۰ درصد موجب کاهش کاهش در ازدیاد طول نسبی و همچنین کاهش ۱۱ درصدی در استحکام نهایی کشش شود. در این آزمایش استحکام تسلیم تغییری نداشته است.

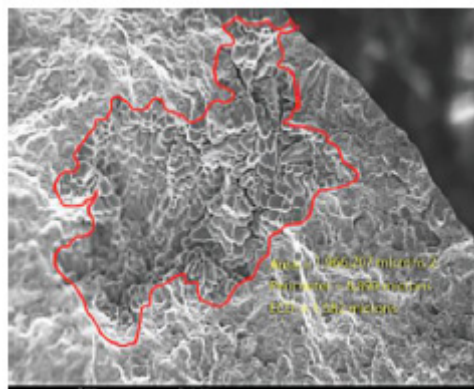
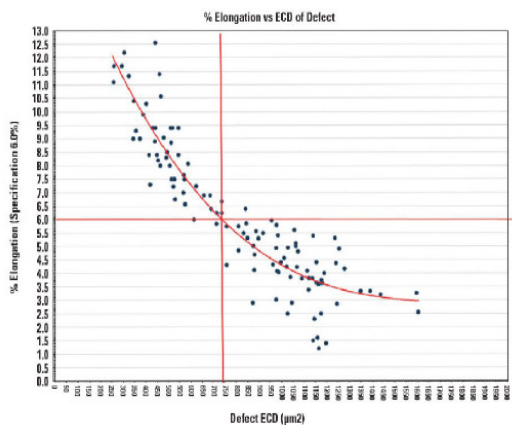
بدین معنی که از یاد طول نسبی می تواند به عنوان یک راهنما برای مشخص کردن دلایل عدم رسیدن خصوصیات به الزامات تعیین شده به کار رود. بدین ترتیب می توان بر مبنایی فراتر از تنها اتکا به اعداد ازدیاد طول نسبی تصمیم پذیرش و یا رد محصول گرفت. جدول ۱ بر اساس داده های تحقیق حاضر تهیه شده تا برای محصولات مختلف مورد آزمایش اندازه بحرانی ترک سطح (ECD) یا درصد حجمی را نشان دهد. اندازه های بحرانی فقط بر نتایج کشش اثر داشته ولی لزوما انعکاس دهنده یک مشکل بحرانی در ارتباط با قطعه ریختگی نبوده، بنابراین هر مورد برای اطمینان از عدم وجود یک انحراف معیار قابل ملاحظه در فرایند نرال گسیختگی، باید تحت آزمایش قرار گیرد.

جدول (۱) اندازه بحرانی اب در نمونه های آزمایشی

Critical Flaw Size	Product Type			
	AL 356	AlSi7Mg(Fe)	AL 365A	AL 319
Print % Elongation	1.8	6.0	1.5	1.0
ECD (µm)	650	740	1,550	1,000
Area (µm)	700,100	350,000	1,950,000	800,000
Volume Fraction %	2.5	1.7	6.8	1.25
SDAS Average	28	16	38	21
Mean % Porosity	0.18	0.22	0.13	0.11
Number of Samples	41	91	20	31



شکل ۳) تصویر به وسیله میکروسکوپ استریو با بزرگنمایی ۳۰ برابر از همان سطح ارائه شده در شکل ۱ پس از استفاده از نرم افزار CEMEX. توجه شود لبه به خوبی مشخص نبوده و در مقایسه با شکل ۴ به وسیله SEM اندازه گیری دقیق به لحاظ عمق زمینه دشوار است.



شکل (۵) تصویر به وسیله SEM با بزرگنمایی ۴۰ برابر از مخلوطی از سطوح شکست امکان مشاهده آسان عیوب و نقشه آنها میسر است. عیوب در صورت نیاز به بزرگنمایی بیشتر قابل اندازه گیری هستند.

شکل (۸) نتایج و داده های آزمایش میله تخت دایکاست شده از آلیاژ $AlSi_8MnMg+Sr$ نشان می دهد که ECD اندازه کلی عیب به ۷۴۰ میکرون رسیده و نمونه به الزام مقدار ازدیاد طول نسبی ۶٪ نرسیده است.

بررسی عیوب در نمونه کشش

استوانه های کششی آلومینیومی معمولاً در اثر به هم چسبیدن حفرات میکروسکوپی (MVC) استفاده می شود. این پدیده در سه فاز از رشد در هنگام آزمون کشش توسعه می یابد. اولین مرحله جوانه زنی بوده که این امر آسیب به ریزساختار در هنگام آغاز تغییر شکل پلاستیکی و یا کشیده شدن است و موجب ناپایداری پلاستیک در نمونه می گردد. مرحله دوم رشد مک های استوانه ای و کروی در آلیاژ به وسیله جریان پلاستیک و یا اتصال مک ها هنگام تغییر به شکل پلاستیک است. این پدیده می تواند به وسیله مک و سایر عیوب موجود تشدید شود و این همان نقطه ای است که گلوگاه شدن در نمونه کششی قابل رویت خواهد بود. آخرین فاز نیز به هم چسبیدن مک ها است به نحوی که مرتبط شدن آنها موجب گسیختگی نمونه کشش می گردد. به لحاظ عملیات حرارتی و تفاوت آلیاژ در تحقیق حاضر، نمونه های کشش چهار گروه تقسیم شدند:

گروه های اول $A356-T_6$

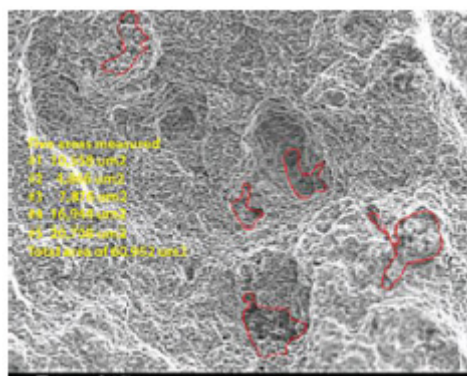
گروه دوم $A356-T_6$ ، به علاوه پنج صدم درصد مس

گروه سوم آلیاژ $AlSi_8MnMg+Sr$

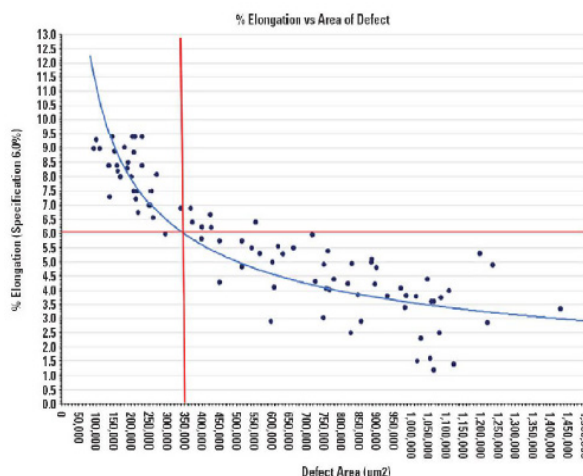
و گروه چهارم $319T_7+Sr$

نکته حائز توجه اینکه در جریان آزمایشات و ثبت داده، انواع علوم مانند تخلخل انقباضی، اکسیدها، تخلخل گازی، ترک، اتصال های سرد و غیره تفکیک نگردید. در سطح شکست به وسیله SEM مورد بررسی قرار گرفت و یک تصویر واضح از سطح شکست به وسیله یک میکروسکوپ سه بعدی (استریو) یا میکروسکوپ عمق زمینه (DOF) ارائه می کند. (شکل های ۱ و ۲)

دقت اندازه گیری سطح عیب با استفاده از SEM نسبت به میکروسکوپ استریو بالاتر است. (شکل های ۳ و ۴) در تحقیق حاضر برای تهیه موقعیت بر روی سطوح شکست یک میکروسکوپ استریو با بزرگنمایی ۳۰ و ۴۰ برابر استفاده شد.



شکل (۶) تصویر به وسیله SEM با بزرگنمایی ۱۰۰ برابر از یک مقطع نمونه میله تخت از آلیاژ $AlSi_8MnMg+Sr$ نشان دهنده چندین عیب است.

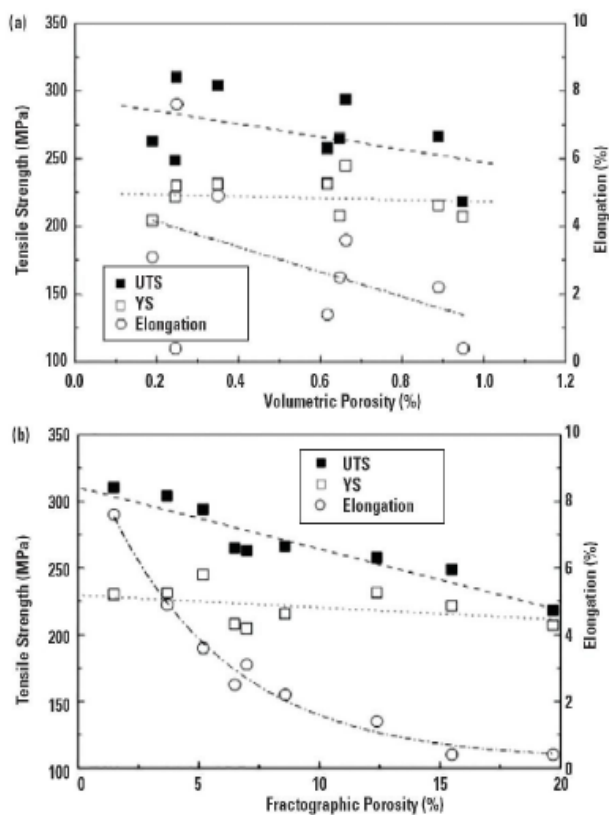


شکل (۷) نتایج و داده های آزمایش میله تخت، دایکاست شده از آلیاژ $AlSi_8MnMg+Sr$ نشان دهنده کل سطح عیب که به ۳۵۰ هزار میکرون مربع رسید و به الزام مقدار ازدیاد طول نسبی به ۶ درصد رسیده است.

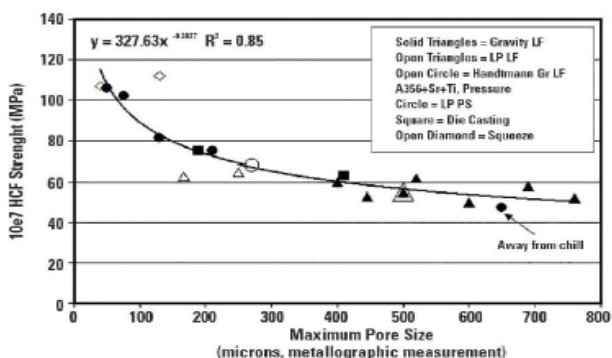
روش سوم بررسی داده ها با استفاده از درصد حجمی در برابر درصد ازدیاد طول (شکل ۶) است. درصد حجمی از معادله ۲ محاسبه می شود.

معادله ۲

$$\text{Volume Fraction (VF)} = \frac{\text{Defect Area / Area of the Tensile Bar}}{100}$$

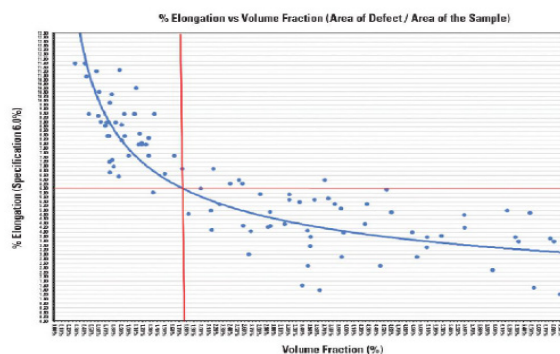


شکل ۱۰ (الف) تخلخل حجم (ب) تخلخل شکست نگاری (ج) تغییرات ریز مک ها با تغییرات کششی آلیاژ A356



شکل ۱۱ تغییر استحکام خستگی نسبت به حداکثر اندازه مک

در بزرگنمایی ۴۰ برابر (شکل ۵) یک کامپوزیتی از سطح شکست کششی مشاهده شد و امکان بررسی عیوب فراهم می شود.



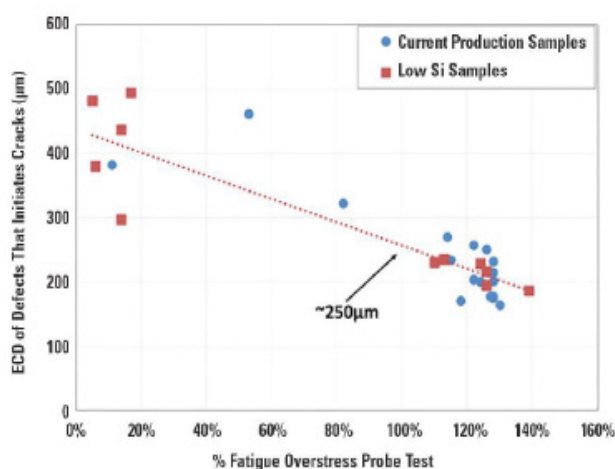
شکل ۹) نتایج و داده های آزمایش میله تخت دایکاست شده از آلیاژ AlSiMnMg+Sr هنگامی که درصد حجمی اندازه کلی عیب به ۱.۷ درصد مقدار ازدیاد طول نسبی ۶ درصد نرسیده است.

در بخش دیگری از آزمایش به وسیله EDAX بزرگترین عیوب بررسی شد تا مشخص گردد با ترکیبات بین فلزی، اکسیدها و سایر عوامل مرتبط بوده است. از عیوب عکس دیجیتالی گرفته شد و به نرم افزار Adobe Photoshop cc2017 انتقال یافت. این نرم افزار امکان کالیبره کردن ترسیم و علامت زنی در حد میکرون و تنظیم یک شکل اندازه گیری دقیق را فراهم می نماید و بدین ترتیب خطوط، کادرهای مربع ودایره شکل کالیبره می شوند. این تصاویر هندسی به طور خودکار اندازه گیری و ثبت می گردد. کارکرد Lasso tool در نرم افزار Adobe Photoshop cc2017 امکان اندازه گیری و ثبت نواحی بی قاعده را مسیر می نماید. این داده که به صورت تصویر هستند (شکل ۶) شرایط اندازه گیری دقیق و سطح و قطر را مهیا می سازد. جهت تعیین و محاسبه درصد حجمی برای عیب زمینه تصویر نیز اندازه گیری می شود. کل سطح عیب برای این قسمت از نمونه استوانه ای کشش ۶۰/۹۵۲ بوده و مقدار ECD برای این قسمت از استوانه ۱۷۹ میکرون است. هنگامی که تمام سطح نمونه استوانه اندازه گیری شد سطح عیب ۶۳۲ میکرو مربع و ECD ۹۶۲ میکرون است. ازدیاد طول نسبی نیز ۵.۲۹ درصد و مقدار الزامی آن حداقل ۶ درصد بوده است این مقدار پایین تر از خط پیش بینی شده و الزامات حداقل درصد ازدیاد طول برای عیوب با سطوح کمتر از ۳۵۰ هزار میکرون مربع و ECD کمتر از ۷۴۰ میکرون است. به منظور تغییر گرافیکی و انتخاب درصد ازدیاد طول از مقدار پایین تا بالا (شکل ۷) داده ها در صفحه اکسل قرار داده می شود. روش دوم ارائه داده ها نشان دادن درصد ازدیاد طول در برابر ECD (شکل ۸) است. با اندازه گیری سطوح عیب و جمع آوری داده ها، ECD را می توان با استفاده از معادله ۱ محاسبه کرد.

$$ECD = \sqrt{4 \times \text{Total Area} / \pi} \quad \text{معادله ۱}$$

نتایج و سگالش

بر اساس نتایج آزمایشات کشش، یک ارتباط منطقی بین اندازه ی عیب و درصد ازدیاد طول نسبی نمونه ها به دست آمد و هنگامی سطح تبدیل به ECD گردید این ارتباط دقیق تر گردید. ارتباط اندازه بحرانی و ازیاد طول نسبی به اندازه، شکل استوانه کشش، آلیاژ به کار رفته و عملیات حرارتی بستگی دارد. منحنی که بر درصد ازیاد طول و مقدار ECD اندازه ی عیب، منطبق می شود، مقدار قابل استفاده ای برای یک علت قابل درک در عدم رسیدن به الزامات زیاد طول بوده هرچند الزامات UTS، استحکام تسلیم، مدول الاستیسیته و کاهش سطح حاصل گردیده است. دو نمودار در شکل ۱۰ نشان می دهد استحکام نهایی کشش و استحکام تسلیم یک تغییر در حد ۱۰ درصد داشته اند در حالی که ازیاد طول نسبی به دلیل تخلخل حجمی، ۷۵ درصد تغییر یافته است. این تغییر برای تغییر در شکست نگاری شدیدتر بوده زیرا استحکام نهایی و استحکام تسلیم ۲۶ درصد و ازیاد طول نسبی ۹۰ درصد تغییر داشته اند. درصد تخلخل حجمی در سطح مقطع و درصد تخلخل شکست نگاری از روی سطح شکست اندازه گیری شده است. بر اساس داده ها و بررسی نتایج تحقیق نمونه های ساخته شده با آلومینیوم $AlSi_8MnMg+Sr$ ، $A356-T_6$ به صورت آماری قابل قبول بوده اند ولی نمونه های $A356-T_6$ ، به علاوه ۰/۵ درصد مس و Sr و $319T_7+$ نیازمند داده های بیشتری برای اطمینان از دقت نتایج است اما تا حصول تعداد قابل ملاحظه آماری این داده ها به صورت یک راهنما به کار رود.



شکل ۱۲) ارتباط خوب بین اندازه مک و عمر خستگی، هرچه اندازه ی عیب بزرگتر باشد عمر خستگی کوتاه تر است. برای رسیدن به ۱۰۰ درصد عمر خستگی به علاوه ۷۷ مگاپاسکال حداکثر اندازه مجاز عیب (ECD - قطر معادل) حدود ۲۵۰ میکرون است.

*منبع:

Modern Casting, jun 2021 "P42-38"

پرسش و پاسخ

- چه مقدار شدت صدا به بالا باید از گوشه در محیط کارخانه ریخته گری استفاده نمود؟
- الف- ۸۰ دسی بل
ب- ۸۵ دسی بل
ج- ۹۰ دسی بل
د- ۹۵ دسی بل
جواب: ب
- بعد از چه مدت از استخدام یک فرد، او باید از حفاظت کننده های شنوایی استفاده نماید؟
- الف- ۳ ماه
ب- ۶ ماه
ج- ۹ ماه
د- ۱۲ ماه
جواب: ۶ ماه. صداهای صنعتی دارای فرکانس خیلی زیادی می باشند و باعث کر شدن فرد می گردد اگر مدت زمان زیادی مشغول به کار شوند. بنابراین هر پرسنلی که بیش از ۶ ماه کار می کند باید از حفاظت کننده های شنوایی استفاده نماید.
- کدام یک از مواد زیر منبعی از ترکیبات فنلی نمی باشند؟
- الف- قراضه فولاد
ب- محصول احتراق کک
ج- چسب ماسه
د- قراضه آهن
جواب: تعداد زیاد ترکیباتی هستند که به مقدار زیادی ترکیبات فنلی در آنها وجود دارد. این ترکیبات در محیط ریخته گری وجود داشته و برای سلامتی انسان مضر هستند. از جمله این ترکیب می توان به محصولات احتراق کک، چسب های ماسه و قراضه آهن اشاره نمود.
- کدام یک از ترکیبات زیر فنل و ترکیبات آن را از بین می برد؟
- الف- تترا کلرید کربن
ب- دی اکسید کربن
ج- منواکسید کربن
د- دی اکسید کلر
جواب: در محیط ریخته گری با استفاده از ترکیبات دی اکسید کلر میتوان اثر فنل را از بین برد.
- مدت زمان مجاز در معرض قرار گیری باد فشرده چقدر است؟
- الف- ۳ ساعت
ب- ۴ ساعت
ج- ۲ ساعت
د- ۵ ساعت
جواب: مدت زمان در معرض قرار گیری برای باد فشرده که به سرعت تخلیه شود معادل ۴ ساعت است ولی برای قرارگیری در معرض هوای جاری مدت زمان مجاز معادل ۲ ساعت می باشد.
- کنترل نامناسب خطرات در ریخته گری می تواند منجر به ایجاد مشکلاتی برای سلامت پرسنل شود؟
- الف- درست
ب- نادرست
جواب: فرایندهایی که در ریخته گری وجود داشته و سبب تولید یک قطعه ریخته گری میشود، سبب افزایش حرارت، پاشش مذاب، گرد و غبار، صدا، بخارات و گازهای سمی در محیط کار خانه می شوند و اگر این خطرات به درستی کنترل نشود مشکلات زیادی برای سلامت پرسنل ایجاد می شود

■ **منواکسید کربن در کارخانجات ریخته گری از چه منابعی تولید می شود؟**

الف- کوره ها

ب- ذوب ریزی

ج- هردو مورد

جواب: در کارخانه هاب ریخته گری قسمت اعظم منواکسید کربن از کره ها متصاعد می شود و هم چنین قسمتی هم از ریختن فلز مذاب تولید می شود. گاز منواکسید کربن سبب کاهش اکسیژن خون شده و باعث بروز سردرد، تهوع می شود و برای انسان مضر است.

■ **کدام یک از عملیات زیر باعث صدای زیاد در کارخانه های ریخته گری می شود؟**

الف- ریختن

ب- تخلیه قطعه از ماسه

ج- پوشش دهی ماسه

د- ذوب

جواب: عملیات تخلیه قطعه از قالب، سنگزنی بیشترین عامل افزایش صدا در کارخان های ریخته گری می باشند که علاوه برافزایش صدا باعث افزایش گرد و غبار در محیط کارخانه نیز می شود.

■ **اصولا بررسی ارگونومی برای کلیه عملیات ریخته گری در کارخانه هایی که مکانیزه و دارای تجهیزات اتوماتیک هستند الزام آور است؟**

الف- بله

ب- خیر

جواب در کارخانجات با تجهیزات اتوماتیک و مکانیزه عملیات مثل بلند کردن اجسام تست انجام می گیرد بنابراین توجه به مفهوم ارگونومی و اصول آن برای جابجایی با روش های صحیح الزامی می باشد.

■ **لباس محافظ برای پرسنل سبب حفاظت آنان از حرارت تشعشعی در کارخانه های ریخته گری می شود؟**

الف- درست

ب- نادرست

جواب: ب. بیشترین منبع، حرارتی است که کارگر در معرض آن قرار می گیرد. بنابراین لباس های محافظ حرارتی از عبور حرارت تشعشعی و رسیدن آن به پرسنل محافظت می کند. به طور کلی کارگران کارخانه ریخته گری در زمان حضور در کارخانه در معرض حرارت های زیادی از جمله حرارت تشعشعی قرار می گیرند.

■ **در ریخته گری قطعات کوچک کدام یک از امکانات قابل صرف نظر کردن میباشد؟**

الف- اضافه مجاز ماشینکاری

ب- درآوردن مدل

ج- ساز شیب مدل

د- اضافه مجاز انقباض

جواب: ج

■ **طراحی راه باره برای کدام یک از اهداف زیر می باشد؟**

الف- جلوگیری از فرسایش ماسه محفظه قالب و ماهیچه

ب- جلوگیری از ورود سرباره از ذرات ماسه داخل محفظه قالب

ج- کاهش اغتشاش مذاب وارد شده در محفظه قالب

د- هرسه مورد

جواب: هر سه مورد

■ **مخلوط کردن زغال با ماسه برای کدام یک از اهداف زیر است؟**

الف- سیاه کردن قالب

ب- استحکام

جواب: سیاه کردن قالب

■ **دقت ابعادی در روش ریخته گری با قالب فلزی (ریژه) چقدر است؟**

الف- ۴ درصد

ب- چهار دهم درصد

ج- ۴ صدم درصد

د- ۴ هزارم درصد

جواب: ج

■ **کدام یک از عملیات حرارتی زیر برای قطعات با آلیاژ آلومینیوم کاربرد دارد؟**

الف- پایدار کردن

ب- انحلال

ج- پیر سازی مصنوعی

د- هر سه مورد

جواب: هر سه مورد

■ **روش ریخته گری با قالب فلزی (ریژه) برای ریخته گری کدام یک از آلیاژ های زیر استفاده نمی شود؟**

الف- چدن

ب- آلیاژ های روی

ج- آلیاژ های آلومینیوم

د- فلزات غیر آهنی

جواب: چدن

■ **عملیات حرارتی قطعات برای کدام یک از اهداف زیر انجام می شود؟**

الف- بهبود ساختار ریزدانه

- ب- افزایش و بهبود خاصیت ماشینکاری
 - ج- حذف تنش‌های داخلی
 - د- هر سه مورد
- جواب: د.

■ مقدار متوسط ماسه مورد نیاز برای تولید یک تن قطعه معادل با میباشد؟

- الف- ۲ تن
 - ب- ۲۰ تن
 - ج- ۰/۱ تن
 - د- ۰/۲ تن
- جواب: ب

■ آلومینیوم ماده مناسبی برای ریخته‌گری ریژه نمی باشد زیرا؟

- الف- سبک است اما مستحکم است
 - ب- نقطه ذوب بالایی داشته و باعث فرسایش سطح قالب شده
 - ج- بسیار کند سرد می شود
 - د- هیچکدام
- جواب: ب

■ هدف از افزودن خاک رس به مخلوط قالب گیری کدام یک از موارد زیر است؟

- الف- به عنوان چسب و افزایش استحکام قالب
 - ب- بعنوان افزایش سوزندگی ماسه قالب
 - د- نفوذپذیری قالب را افزایش می دهد
 - دال هیچکدام
- جواب: الف

■ کدام یک از فلزات زیر باید کمترین سرعت ریخته‌گری را داشته باشد؟

- الف- برنج
 - ب- چدن
 - ج- آلومینیوم
 - د- فولاد
- جواب: ج

■ کدام یک از فلزات زیر را میتوان در قالب گچی ریخته‌گری نمود؟

- الف- برنج زرد
 - ب- منگنز
 - ج- برنز آلومینیوم
- جواب: همه موارد

واژه نامه

ماسه پخته (Baked Sand)

سهولت در آمدن مدل از قالب را شیب مدل می‌گویند که این اختلاف در صورت زیاد بودن توسط عملیات ماشینکاری اصلاح می‌شود.

کف (Dross)

اکسیدهای فلزی جامد و ناخالصی درون مذاب (معمولاً به صورت پودر) که روی سطح آب شناور هستند و باید جدا شوند را کف می‌گویند.

فلاکس (Flux)

موادی که به بوته اضافه می‌کنند نسبت به فلز مذاب در دمای پایین تری ذوب می‌شوند و روی فلز مذاب شناور می‌ماند و برای جداسازی اکسیدهای فلزی از مذاب استفاده می‌شوند را فلاکس می‌گویند. فلاکس‌ها معمولاً برای حفاظت مذاب از واکنش با اتمسفر محیط استفاده می‌شود.

ماسه تر (Green sand)

به مخلوطی از ۹۰ درصد ماسه سیلیسی ریز به همراه ۱۰ درصد خاک رس و مقدار کافی آب برای چسبیدن دانه‌های ماسه به یکدیگر را ماسه تر می‌گویند. این مخلوط استحکام کمی داشته و برای افزایش استحکام باید آن را حرارت داده تا خشک شود.

استحکام تر (Green strength)

به استحکام یک قالب در حالت تر بدون حرارت دادن را استحکام تر می‌گویند که نسبت به استحکام خشک کمتر می‌باشد.

مذاب کف پاتیل (بوته) (Heel)

یک مقدار فلز مذاب در قسمت پایین بوته یا پاتیل را می‌گویند که در که دو وظیفه را به عهده دارد.

الف- قراضه‌های نازک که اتلاف حرارتی زیادی دارند اگر درون این فلز مذاب وارد شود قبل از اینکه اکسید شود ذوب می‌شود،

هر فرمولاسیون ماسه قالب گیری از یک چسب استفاده می‌کنند که استحکام تر کمی داشته و قبل از ریخته‌گری باید پخته شود. در این فرمولاسیون چسب قابل بازیابی نیست. مقداری چسب تجاری که نیاز به پخته شدن و یا خود گیری دارد، وجود دارد. اما مهم‌ترین چسب، عکس است که با ماسه مخلوط می‌شود و قبل از ریخته‌گری در آن پخته می‌شود. این فرمولاسیون یک ماهیچه خوبی را می‌سازد زیرا بعد از پخته شدن دارای استحکام بالایی است. اما دمای زیاد فلز مذاب پیوند چسب را از بین برده و باعث فروپاشی ماهیچه ناشی از انقباض فلز اطراف آن می‌شود.

خاک رس (Ball clay)

این نوع خاک رس پلاسیسیته بالا و خلوص معقول دارد. مقدار سیلیس آن بالاست، بنابراین نسبت به تبدیل شدن کارت به آلوتروپ‌های مختلف بسیار حساس می‌باشند و خاصیت نسوزندگی نزدیک به کائولن دارند.

بنتون (Bentone)

فرم اصلاح شده شیمیایی بنتونیت است که با روغن به جای آب پیوند داده می‌شود و در ماسه‌های قالب گیری که با روغن پیوند تشکیل می‌دهند، استفاده می‌شود.

مخلوط خاک رس به اضافه گرافیت (Clay-graphite)

موادی که برای ساخت بوته‌های تجاری استفاده می‌شود و از مخلوط خاک رس خیلی خالص و ۳۰ الی ۴۰ درصد گرافیت تشکیل می‌شود. به آن چسب‌های ارگانیک مثل تر اضافه می‌کنند. سپس بوته شکل گرفته برای مدت زمان زیادی در دماهای خیلی بالا برای تشکیل SiC پخته می‌شود که سبب افزایش استحکام و مقاومت به شوک پذیری آن می‌شود.

شیب مدل (Draft)

کاهش ابعاد قسمت پایین مدل نسبت به قسمت بالا جهت

بنابراین باعث کاهش اتلاف میشود.

بیرون زدگی (Run out)
خارج شدن فلز مذاب از قالب که باعث خالی شدن محفظه قالب شود را بیرون زدگی می گویند.

ب- سبب بهبود هدایت حرارتی از بوتله قراضه می شود و قراضه سریعتر ذوب می شود. اضافه نمودن حجم زیادی از قراضه به مذاب ته پاتیل یا بوتله در یک زمان باعث انجماد مذاب شده و احتمال ترک دار شدن بوتله سرامیکی را افزایش می دهد.

ضریب (G. Factor)

نسبت نیروی گریز از مرکز به وزن ریخته گری گریز از مرکز را ضریب G می گویند و مقدار آن از رابطه زیر به دست می آید.

M جرم قطعه

R شعاع دوران

W سرعت دوران

G شتاب ثقل

$$G=(F/mg)=mrw^2/mg$$

کائولن (Kaolin)

خاک رس دیرگداز خالص که دارای مقدار زیادی آلومینا باشد و پلاستیسیته کمی داشته باشد را کائولن می گویند.

اندازه مش (Mesh size)

اندازه مش روشی برای جداسازی مواد پودری و گرانوله می باشد. به عنوان مثال پودری که اندازه آن ۱۰۰ مش است باید از یک الک که دارای ۱۰۰ سوراخ در اینچ باشد عبور کند.

قالب گیری جاروبی (چرخشی) (Sweep molding)

روش قالبگیری جاروبی با استفاده از مدل چرخشی استفاده می کند. یک قطعه با شکل مشخص حول یک محور مشخص می چرخد و سطح مدل مورد نظر را در ماسه یا هرگونه مواد قالبگیری تشکیل می دهد. این روش قالب گیری در مقایسه با قالب گیری متداول بسیار زمان و هزینه کمتری دارد. این روش برای ساخت قالب با سطوح بزرگ مثل ناقوس کلیسا استفاده می شود. قالب گیر در این روش باید مهارت زیادی داشته باشد تا بتواند چندین قالب با ابعاد شکل و یکسان تولید نماید.

سوراخ تخلیه (Tape hole)

سوراخی در نزدیکی پایین یک کوره یا پاتیل از آن فلز مذاب و یاسرباره خارج می شود.

فلز سفید (White metal)

فلزاتی مانند سرب، قلع و روی که نقطه ذوب آنها کمتر از دمای لازم برای انتشار ذوب ریزی لازم است را فلزات سفید می گویند.

تنگه (Chock)

قسمتی از یک سیستم راهگاهی که سرعت ریختن فلز مذاب را در محفظه قالب کنترل و تنظیم می کند تنگه می نامیده می شود. تنگه کمترین سطح مقطع نسبت سطح مقطع در سیستم راهگاهی را دارد و به آن چاله پای راهگاه نیز می گویند.

کم آمد (Pour short)

پر شدن ناقص محفظه قالب ناشی از مقدار کم مذاب را کم آمد می گویند.

لیست اعضاء حقوقی فعال جامعه ریخته گران ایران

<p>آلیاژهای نشکن ساز تهران ، فلکه دوم صادقیه، بزرگراه اشرفی اصفهانی، نبش گلستان ۱۴ برج نگین رضا ، طبقه ۹ جنوبی ، واحد ۹۰۸ (مواد اولیه ریخته گری) Email: info@nashkansaz.com تلفن: ۴۴۰۳۰۴۶-۴۴۰۳۰۴۶۷-۴۴۰۳۰۴۱۱ فاکس: ۴۴۰۳۰۴۶۸</p>	<p>آرمان تجارت صبا تهران - خیابان ولی عصر - بالاتر از میرداماد - کوچه یزدان پناه - پلاک ۹۱ - طبقه ۵ جنوبی تلفن: ۸۸۷۹۸۴۲۷ فاکس: ۸۸۷۹۸۴۴۶ بازرگانی - واردات</p>
<p>بهریز فولادان تهران ، فلکه اول تهرانپارس ، خیابان گلبرگ بعد از رشید - پلاک ۷۹ ، طبقه ۵ شمالی - واحد ۱۶ تلفکس ۷۷۷۰۳۱۲۸ فاکس: ۷۷۲۹۹۶۸۵ Email: info@behrizfoladan.com ریخته گری فولاد</p>	<p>ایرالکو اراک ، بلوار منابع طبیعی ، شرکت سهامی تولید آلومینیوم ایران (ایرالکو) سندوق پستی ۳۱ ، کدپستی ۸۱۱۶-۳۱۱۸۹ - واحد تحقیقات Email: info@iralco.ir تلفن: ۰۸۶۳۲۱۶۲۰۸۰-۸۷ فاکس: ۰۸۶۳۲۱۶۲۰۸۱ تولید شمش آلومینیم</p>
<p>پات روشن نیکتا (پاترون) تهران - ملاصدرا، خیابان پردیس، کوچه زاینده رود شرقی، پلاک ۱۷ - طبقه اول تلفن: ۸۸۷۸۰۰۵۴ کدپستی: ۱۹۹۱۹۳۳۳۹۳ Email: info@patron.group</p>	<p>بالین تک قزوین ، شهرک صنعتی البرز ، انتهای خیابان حکمت سوم ، ابتدای خیابان شیخ بهایی ، شرکت بالین تک تلفن: ۸۸۵۲۲۶۲۵/۰۲۸۳-۲۲۲۲۸۶۸ فکس: ۰۲۸۳-۲۲۳۸۰۴۲ Email: info@balintech.com دفتر مرکزی: سهروردی، کوچه باسقی، پلاک ۱۲ کد پستی: ۱۵۷۷۹۳۴۴۱۴ تلفن: ۰۲۱۸۸۵۱۸۳۷۲ تولید سرسیلندرهای خودروهای پراید - نیسان - پژو</p>
<p>جویندگان دانش افق سبز تهران - پیروزی - خیابان پنجم نیروی هوایی - مجتمع تجاری ولی عصر تلفن: ۷۷۴۶۲۱۲۶ فکس: ۷۷۱۶۰۶۱۸ تامین و واردات کلیه مواد اولیه صنایع ریخته گری و فولاد</p>	<p>پاژ قطعات خودرو آمیتیس خراسان رضوی - چناران - شهرک صنعتی چناران - بلوار صنعت - فاز ۲ - میدان خلیج فارس - نوآوری ۲ - قطعه ۱۱۸۲ و ۱۱۸۳ تلفن: ۰۵۱۴۶۱۸۸۵۵۰-۵ Email: info@amitisap.com قطعات ایمنی و قطعات هیدرولیک خودرو</p>
<p>حرارت ساز پویا تهران - کیلومتر ۱۴ جاده مخصوص کرج - بلوار ایران خودرو - خیابان زامیاد - کوچه آبان ۷ - پلاک ۱۷ تلفن: ۴۴۹۲۲۸۰۱-۲ فاکس: ۴۴۹۲۳۰۲۸ عملیات حرارتی فلزات</p>	<p>مهندسی و ساخت پره توربین مپنا - پرتو کرج، کیلومتر ۷ جاده ملارد، ضلع شمالی نیروگاه منتظر قائم، شرکت پرتو - واحد انتقال تکنولوژی و مرکز اسناد تلفن: ۰۲۶۳-۶۱۹۲۰۰۰ فاکس: ۰۲۶۳-۶۶۱۸۲۹۵ کد پستی: ۱۹۱۸۹۵۳۶۵۱ Email: info@mapnagroup.com ساخت پره های داغ توربین گازی</p>

<p>چدنیت صدر تهران، خیابان مطهری، نرسیده به چهارراه سهروردی، ساختمان ۱۲۰، طبقه ۳، واحد ۶ تلفن: ۸۸۳۰۱۰۴۹ فاکس: ۸۸۳۰۱۱۳۱ کارخانه: تهران، جاده خاوران، بعد از پلیس راه شریف آباد، شهرک صنعتی عباس آباد، بلوار خیام، کوی ۱/۱ لوله و اتصالات ابرسانی چدنی (خاکستری و نشکن) - انواع دریچه های ضد سرقت داکتیل - انواع ملزومات پارکی و شهری</p>	<p>چشمه سار زنجان، کیلومتر ۱۸ جاده تهران ص.پ: ۱۵۷۱ - ۴۵۱۹۵ تلفن: ۰۲۴۳۲۴۶۲۳۴۱-۳ فکس: ۰۲۴۳۲۴۶۲۳۴۰ صندوق پستی: ۱۵۷۱۴۵۱۹۵ Email: foundry@cheshmehsar.com ریخته گری قطعات ترمز خودرو چدنی</p>
<p>ذوب آهن البرز غرب تهران، خیابان شهید بهشتی - بعد از چهارراه سهروردی - نرسیده به میدان تختی - خیابان کابوسی فر - کوچه آریا وطنی - پلاک ۱۰ کد پستی: ۱۵۷۷۸۱۵۷۱۳ تلفن: ۷-۸۸۱۷۰۹۸۳ فاکس: ۸۸۱۷۰۹۶۹ Email: west.alborz.steel@gmail.com</p>	<p>داکتیل تهران، میدان توحید، خیابان ستارخان، خیابان کوثر دوم پلاک ۱۵ واحد ۷، طبقه چهارم کد پستی: ۱۴۵۷۶۷۶۵۸۴ تلفن: ۶۶۹۲۴۸۰۹-۶۶۹۲۲۹۳۷-۶۶۹۲۵۶۷۳ فاکس: ۶۶۹۲۶۴۰۸ ریخته گری انواع چدن‌ها و فلزات غیر آهنی</p>
<p>ریخته گری دقیق پولادیر تهران، بلوار اشرفی اصفهانی، خیابان گلستان چهاردهم ، برج نگین رضا، واحد ۴۰۶ شمالی کد پستی: ۱۴۷۱۷۹۳۵۷۴ تلفن: ۸-۴۴۰۳۱۶۹۶-۴۴۰۳۰۲۶۴/۴۴۰۹۷۰۷۷-۸ ۴۴۰۳۱۶۷۳ فاکس: ۴۴۰۳۰۵۶۹ تولید قطعات متنوع صنعت</p>	<p>رزیتان تهران پاسداران، چهارراه فرمانیه، نارنجستان هشتم، پلاک ۲۳، طبقه ۱۵، واحد ۱۵۰۳ و ۱۵۰۲ تلفن: ۳۰ - ۲۲۰۲۰۵۲۱ فاکس: ۲۲۰۲۰۴۸۶ کد پستی: ۱۹۵۷۶۱۴۰۵۳ تولید انواع رزین‌های صنعتی</p>
<p>فارس ریزان مواد دفتر: مرزداران - ۳۵ متری لاله، جنب لاله ۹ - پلاک ۱۷، واحد ۱۲ تلفن: ۴۴۲۵۶۳۲۵ فاکس: ۴۴۲۵۵۹۲۷ کارخانه: ساوه، شهر صنعتی کاوه، بلوار آزادی، خیابان ۱۷</p>	<p>شوفاز کار کیلومتر ۸ جاده مخصوص کرج، روبروی شهاب خودرو، خیابان نخ زرین، شرکت شوفاز کار، واحد آموزش تلفن: ۳-۴۴۵۴۵۱۲۰ فاکس: ۴۴۵۴۵۱۱۴ خیابان طالقانی، بین چهارراه مفتح. بهار، پلاک ۱۸۰، طبقه اول تلفن: ۸۸۳۰۸۶۷۷ فکس: ۸۸۳۰۹۳۲۶ تولید انواع دیگ‌های بخار چدنی</p>
<p>فولاد بست ایرانیان ۱۰ شمالی - پلاک ۴۶۲ و ۴۶۳ تلفن: ۶۶۶۷۱۱۳۷ کارخانه: اتوبان تهران - قم، شهرک صنعتی شمس آباد، بلوار نارنجستان - گلبرگ ۲ - پلاک ۱۳ تلفن: ۵۶۲۳۰۹۸۲ تولید کننده بست های فلزی</p>	<p>فروسلیس ایران تهران - خیابان پاسداران - بعد از چهار راه فرمانیه - نارنجستان ۷ - ساختمان پارک سنتر - طبقه ۱۹ - واحد ۱۹۰۲ و ۱۹۰۳ تلفن: ۶۰ - ۴۰۲۲۹۷۵۶ - فاکس: ۴۰۲۲۹۸۸۶ فروسلیسیم - فروسیلیسیم منیزیم - پودر میکرو سیلیکا</p>

<p>فولاد طبرستان تهران، خ ملاصدرا، خ شیراز جنوبی، کوچه بهار، پلاک ۶، طبقه ۲ تلفن: ۳ - ۸۸۰۶۱۴۷۱ فاکس: ۸۸۰۶۱۴۷۰ تولید فولاد و چدن آلیاژی</p>	<p>فولاد روانشیر تهران، خ ملاصدرا، خ شیراز جنوبی، خ گرمسار غربی، کوچه بهار دوم، پلاک ۶، طبقه چهارم تلفن: ۲۷ و ۸۸۰۶۵۷۲۶ فاکس: ۸۸۰۶۹۷۹۸ ریخته گری قطعات چدنی و فولاد</p>
<p>فولاد مازندران تهران، خ ملاصدرا، خ شیراز جنوبی، کوچه بهار ۲، پلاک ۶، طبقه سوم تلفن: ۸۸۰۴۸۶۳۶-۸۸۰۴۸۶۵۶ تولید کننده انواع قطعات فولادی و چدنهای آلیاژی</p>	<p>فولاد ریزان جاده قدیم کرج، پشت شیر پاستوریزه، شاد آباد، خ ۱۷ شهرپور، روبروی شرکت دارو سازی اسوه - شرکت فولاد ریزان تلفن: ۶۶۸۱۱۸۰۰ و ۶۶۸۰۴۰۲۹ و ۶۶۸۰۵۵۶۵ فاکس: ۴۴۲۵۵۹۲۷ کد پستی: ۱۳۷۱۸۴۴۸۱۳</p>
<p>ماشین سازی اراک کارخانه: اراک، کیلومتر ۴ جاده تهران ص.پ ۱۴۸، مدیریت متالورژی آقای مهندس راونجی تلفن: ۹ - ۳۱۳۰۰۳۱ - ۲۱۷۲۵۰۰ - ۱/۰۸۶۱ فاکس: ۳۱۳۲۰۵۹ - ۳۱۳۹۰۲۳/۰۸۶۳ - ۰۸۶۳ دفتر تهران: تهران، مرزداران، خیابان ایثار، نبش نامدار ۲، پلاک ۴ تلفن: ۴۴۲۷۹۷۷۵-۶ فکس: ۴۴۲۷۵۷۱۵ فولاد سازی و آهنگری</p>	<p>غلتک سازان سپاهان اصفهان - شهرک صنعتی بزرگ شرق اصفهان - فاز دوم - خیابان هفتم تلفن: ۰۳۱-۴۶۴۱۲۶۵۹ فاکس: ۰۳۱-۴۶۴۱۲۶۶۰ تولید کننده قطعات ریختگی سنگین چدنی و فولاد</p>
<p>هلدینگ میدکو تهران - سعادت آباد - بلوار فرهنگ - نبش خیابان معارف - پلاک ۸ تلفن: ۲۷۳۴۰ فاکس: ۲۲۳۶۳۶۹۱ تولید کنسانتره سنگ آهن - کنسانتره زغال سنگ - کک متالورژی - گندله سنگ آهن - شمش فولادی - آهن اسفنجی - مس کاتد - لوله های مسی کد پستی: ۱۹۹۷۷۴۴۱۱۱</p>	<p>مالیبل ساییا کیلومتر ۱۵/۵ جاده مخصوص کرج، روبروی شرکت ساییا ص.پ: ۱۳۴۴۵/۱۹۳، شرکت مالیبل ساییا تلفن: ۴۴۱۹۶۵۳۷ فاکس: ۴۴۱۹۶۵۳۹ ریخته گری و ساخت انواع میل بادامک خودرو</p>
<p>مرکز پژوهش متالورژی رازی کیلومتر ۲۱ جاده مخصوص کرج، جنب نفت پارس، ورودی سرخه حصار، بلوار حاج قاسم اصغری، خیابان فرنان، پلاک ۸ تلفن: ۰۲۱۶۳۰۷ و ۰۲۱۴۶۸۳۱۵۷۰ کد پستی: ۳۷۵۳۱۴۶۱۷۱</p>	<p>فولاد آلیاژی سمنان سمنان، شهرک صنعتی شرق، جنب کارخانه عقاب تلفکس: ۰۲۳۳۳۶۵۲۵۳۸ ۹ - کد پستی: ۳۵۳۵۱۳۳۱۱۱</p>
<p>پایا ذوب کاوه اصفهان، خیابان سعادت آباد، ساختمان هرم طبقه ۵ واحد ۱۵ تلفن: ۰۳۱-۳۶۷۰۰۴۹۵ فکس: ۰۳۱-۳۶۶۹۱۴۹ info@payazob.com:Email</p>	<p>بنیاد علوم کاربردی رازی کیلومتر ۲۱ جاده مخصوص کرج، ورودی شهر قدس، بلوار شهید حاج قاسم اصغری، ورودی سرخه حصار، خ فرنان، پلاک ۲۷ تلفن: ۴۹۷۳۲۲ Email: info@RAZI-FOUNDATION.com کد پستی: ۳۵۵۳۱۴۶۱۳۷</p>

پارس شمیم راه خورشید
خیابان سعدی شمالی، خیابان منوچهری، کوچه دکتر
اقاجان، پلاک ۱۳ واحد ۱۴
کد پستی: ۱۱۴۵۷۴۳۷۱۷
تلفن: ۶۶۷۱۶۰۶۵
مواد اولیه ریخته گری

فولادین ذوب امل
آمل، شهرک صنعتی امامزاده عبدالله، فاز یک، شرکت فولادین
ذوب امل
تلفن: ۲۳۲۳۰۲۴۴۱۱۹۸+

شرکت حامی الیاژ
مهرآباد جنوبی، ۴۵ متری زرند، نبش کوچه محمد ناصر
امری، مرکز تجارت فلزات پارسه، پلاک ۱۳ طبقه همکف
تلفن: ۶۳۵۱۱
کد پستی: ۱۳۸۶۷۵۳۳۱۷
مدیر عامل: سید حامد میری

شرکت مهندسی زیست فناوری نفت پاک
سعادت آباد، بلوار سرو غربی، بلوار هادی جوهری، ساختمان
سرو، طبقه سوم، واحد ۳
تلفن ۲۲۰۹۴۴۰۹
کد پستی: ۱۹۹۸۷۵۵۳۷۹

ذوب و نسوز ایرانیان
شهرک صنعتی شمس آباد، بلوار نگارستان مهر جنوبی، پلاک
۲۱۷
تلفکس: ۵۶۲۳۲۰۴۸
کد پستی: ۱۸۳۴۱۳۶۶۹۵



فرم درخواست اشتراک فصل نامه ریخته‌گری

نام و نام خانوادگی:	نام موسسه / سازمان:
شغل/نوع فعالیت:	میزان تحصیلات:
رشته تحصیلی:	
کد ملی:	
نشانی کامل پستی:	
کد پستی:	کد اقتصادی:
تلفن تماس:	
مشترک جدید <input type="checkbox"/>	تمدید اشتراک <input type="checkbox"/>
تاریخ تکمیل فرم:	
نوع اشتراک مورد نظر: فصلنامه	تعداد نسخه: ۴
شروع ارسال	از شماره:
شماره کارت تجارت به نام عبدالحمید قدیمی: ۵۸۵۹۸۳۱۱۴۵۰۸۱۵۳۴	
مبلغ: ۳۰۰۰/۰۰۰ ریال - سه میلیون ریال (سالانه)	
خواهشمند است اشتراک اینجانب با مشخصات یاد شده را برقرار نمایید.	
فیش واریزی را لطفاً به واتس‌پ به شماره ۰۹۱۹۳۴۹۹۴۲۹ و یا به ایمیل irfs.edu@gmail.com ارسال نمایید.	

Rikhtegary

Journal Of Iranian Foundrymen's Society, No.129-41th Year, Spring 2022

contents:

Energy Carriers and Environmental Consideration look to Iron and Steel Industries in 2022, Predicting Green Hydrogen Use Instead of Fossil Fuels in Steel Production in the World in 2030(Part I).....3

Hooman Taybi, Seyed Taghi Naimi

Evaluation of new AlSi₉Mg cast aluminum alloys for Automotive cylinder

Heads..... 12

Abdolhamid Ghadimi

Safety regulations in foundry industries (part two)..... 22

Iranian Casting Society

Iran and world news 27

Effect of defect size on tensile elongation in Aluminum castings..... 35

Shiva Khatamizadeh

question and answer 40

Lexicon..... 43



Concerning Certificate No. P/92/5/26,
Rikhtegary, Journal of Iranian foundrymen's Society
Index by Islamic World Citation Center (ISC), Since 1999.

License: Iranian Foundrymen's Society
Director: Prof .P. Davami
Editor: Prof . J . Hejazi
Editorial Manager: Dr. M. Ozve Aminian
Executive Board:
Eng .A. Eslami
Eng .A. Ghadimi
Eng .SH. Khatamizadeh

Editorial Board:

Prof .H. Ashoori	Sharif University of Technology
Eng .A. Eslami	Tabarestan Steel Co
Dr .H. Banihashemi	Iranian Foundrymen's Society
Prof .J. Hejazi	Iran University of Science & Technology
Prof .P. Davami	Sharif University Of Technology
Dr .M. Divandari	Iran University of Science & Technology
Prof .S. Shabestari	Iran University of Science & Technology
Dr .N. Arab	Islamic Azad University
Dr .M. Ozve Aminian	Islamic Azad University
Eng .A. Ghadimi	Iran Foundry Syndicate
Dr .M H. mirbagheri	Amirkabir University
Eng .SH. Khatamizadeh	Iranian Foundrymen's Society

Head Office:

3th Floor, No. 174, North Bahar Ave, Tehran, Iran. **Postal Code:** 1573635863, P.O.Box: 15665-157

Tel: +98-21-88824927 , +98-21-88827202 **Fax:** +98-21-88823490

Website: www.irfs.ir Email: irfs.edu@gmail.com Telegram: irfs1359



contents:

Energy Carriers and Environmental Consideration look to Iron and Steel Industries in 2022, Predicting Green Hydrogen Use Instead of Fossil Fuels in Steel Production in the World in 2030(PartI).....3

Hooman Taybi, Seyed Taghi Naimi

Evaluation of new AlSi₃Mg cast aluminum alloys for Automotive cylinder Heads 12

Abdolhamid Ghadimi

Safety regulations in foundry industries (part two)..... 22

Iranian Casting Society

Iran and world news 27

Effect of defect size on tensile elongation in Aluminum castings..... 35

Shiva Khatamizadeh

question and answer 40

Lexicon..... 43