



# ریخته‌گری

ISSN 1028-3897

انتشارات جامعه ریخته‌گران ایران / سال ۴۰ / شماره ۱۲۷ / تابستان و پاییز ۱۴۰۰

## فهرست مطالب

- مروری بر تاثیر عناصر آلیاژی روی خواص مکانیکی، خوردگی و زیستی آلیاژهای پایه منیزیم  
حامد نامداراصل، ویدا خلیلی، لیلا فتح یونس
- گزارش IMAT2021  
جامعه ریخته‌گران ایران
- اخبار دانشگاه‌ها (دانشگاه بین‌المللی امام خمینی، دانشگاه حکیم سبزواری)
- اندازه‌گیری کمی کیفیت قطعات ریخته‌گری از طریق بررسی شرایط پر شدن قالب  
عبدالحمید قدیمی
- اخبار ایران و جهان
- راه‌حل‌های ماسه ریخته‌گری، عیوب ماسه  
شیوا خاتمی‌زاده
- پرسش و پاسخ
- واژه نامه



# فارس ریزان مواد

تولیدکننده مواد شیمیایی صنایع ریخته‌گری

- ۱ سیستم‌های تغذیه پیش ساخته
- ۲ انواع فیلترهای فومی سرامیکی
- ۳ انواع پوشان‌های پایه آبی و پایه الکلی
- ۴ محصولات تصفیه کننده و اصلاح کننده در مذاب‌های آهنی
- ۵ محصولات تصفیه کننده و اصلاح کننده در مذاب‌های غیرآهنی
- ۶ افزودنی‌های ماسه قالب و ماهیچه
- ۷ انواع کنزهای نسوز
- ۸ صفحه‌های عایق حرارتی تاندیش برای صنایع ریخته‌گری پیوسته

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ



# ریخته‌گری

ISSN 1028-3897

انتشارات جامعه ریخته‌گران ایران / سال ۴۰ / شماره ۱۲۷ / تابستان و پاییز ۱۴۰۰

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: ۸۸۸۲۷۲۰۲-۸۸۸۲۴۹۲۷، دورنگار: ۸۸۸۲۳۴۹۰

Websit: 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  
سر دبیر: دکتر جلال حجازی  
مدیر اجرایی: دکتر مهرداد عضو امینیان

هیات اجرایی:

(فولاد طبرستان)

مهندس اسدالله اسلامی

(انجمن صنفی ریخته‌گری ایران)

مهندس عبدالحمید قدیمی

(انجمن علمی ریخته‌گری ایران)

مهندس شیوا خاتمی‌زاده

هیات تحریریه:

(دانشگاه صنعتی شریف)

دکتر حسین آشوری

(فولاد طبرستان)

مهندس اسدالله اسلامی

(انجمن علمی ریخته‌گری ایران)

دکتر هاشم بنی هاشمی

(دانشگاه علم و صنعت ایران)

دکتر جلال حجازی

(دانشگاه صنعت شریف)

دکتر پرویز دوامی

(دانشگاه علم و صنعت ایران)

دکتر مهدی دیواندری

(دانشگاه علم و صنعت ایران)

دکتر سعید شبستری

(دانشگاه آزاد اسلامی)

دکتر نجم الدین عرب

(دانشگاه آزاد اسلامی)

دکتر مهرداد عضو امینیان

(انجمن صنفی ریخته‌گری ایران)

مهندس عبدالحمید قدیمی

(دانشگاه امیرکبیر تهران)

دکتر سید محمد حسین میر باقری



# ریخته‌گرایی

انتشارات جامعه ریخته‌گرایی ایران / سال ۴۰ / شماره ۱۲۷ / تابستان و پاییز ۱۴۰۰

## فهرست مطالب:

- ۳..... مروری بر تاثیر عناصر آلیاژی روی خواص مکانیکی، خوردگی و زیستی آلیاژهای پایه منیزیم  
حامد نامداراصل، ویدا خلیلی، لیلا فتح یونس
- ۱۲..... گزارش IMAT2021  
جامعه ریخته‌گرایی ایران
- ۱۳..... اخبار دانشگاه‌ها (دانشگاه بین‌المللی امام خمینی، دانشگاه حکیم سبزواری)
- ۱۵..... اندازه‌گیری کمی کیفیت قطعات ریخته‌گری از طریق بررسی شرایط پر شدن قالب  
عبدالحمید قدیمی
- ۲۱..... اخبار ایران و جهان
- ۳۰..... راه‌حل‌های ماسه ریخته‌گری، عیوب ماسه  
شیوا خاتمی زاده
- ۴۰..... پرسش و پاسخ
- ۴۳..... واژه‌نامه



# مرورری بر تاثیر عناصر آلیاژی روی خواص مکانیکی، خوردگی و زیستی آلیاژهای پایه منیزیم

حامد نامدار اصل<sup>۱</sup>، ویدا خلیلی\*<sup>۲</sup>، لیلا فتح یونس<sup>۳</sup>

- ۱- کارشناسی مهندسی مواد و متالورژی، دانشکده فنی و مهندسی، دانشگاه بناب  
۲- دانشیار گروه مهندسی مواد و متالورژی، دانشکده فنی و مهندسی، دانشگاه بناب  
۳- استادیار گروه مهندسی مواد و متالورژی، دانشکده فنی و مهندسی، دانشگاه بناب

## A review on the effect of the alloying elements on the mechanical, corrosion, and biological properties of magnesium-based alloys

Hamed Namdar asl a, Vida Khalili b,\*, Leila Fathyunes c

- a) Bachelor of Materials and Metallurgy Engineering, Faculty of Engineering, University of Bonab  
b) Associate Professor, Department of Materials and Metallurgy Engineering, Faculty of Engineering, University of Bonab  
c) Assistant Professor, Department of Materials and Metallurgy Engineering, Faculty of Engineering, University of Bonab

Corresponding\*: v.khalili@ubonab.ac.ir

### چکیده

منیزیم و آلیاژهای پایه منیزیم به سبب دارا بودن خواص ویژه مانند دانسیته پایین به همراه استحکام مناسب و زیست تخریب پذیری به عنوان نسل جدیدی از بایو مواد زیست تخریب پذیر مورد توجه بسیاری از محققان قرار گرفته‌اند و در صورت استفاده از این نوع ایمپلنت‌ها، نیازی به عمل جراحی ثانویه برای خروج ایمپلنت از بدن بیماران نخواهد بود. علی‌رغم ویژگی‌های بالا، خواص مکانیکی و زیست تخریب پذیری بالا از جمله عوامل محدود کننده کاربرد آلیاژهای پایه منیزیم در محیط بدن هستند. روش‌های مختلفی برای بهبود این خواص به کار گرفته می‌شود که از جمله می‌توان آلیاژ سازی، عملیات حرارتی، عملیات ترمومکانیکی و پوشش‌دهی را نام برد. خلاصه‌ای از مطالعات پیشین درباره تاثیر عناصر آلیاژی روی خواص مکانیکی، خوردگی و زیستی آلیاژ های پایه منیزیم به تفکیک عناصر آلیاژی و چگونگی تأثیر آن‌ها بر خواص مکانیکی، خواص خوردگی و خواص زیستی آلیاژ های پایه منیزیم در مقاله حاضر ارائه می‌گردد. **واژگان کلیدی:** آلیاژهای پایه منیزیم، عناصر آلیاژی، خواص مکانیکی، خواص زیستی، خواص خوردگی.

## Abstract:

Magnesium and magnesium-based alloys have been considered by many researchers as a new generation of biodegradable biomaterials because they combine strength and lightweight with biodegradability, which avoids additional surgery for implant removal. The major drawbacks of Mg alloys are their mechanical properties and fast degradation in biological media. Various methods are used to improve these properties, including alloying, heat treatment, thermomechanical operation, and coating. A summary of previous studies about the effect of the alloying elements on the mechanical, corrosion, and biological properties of magnesium-based alloys is presented in this paper.

Keywords: Magnesium-based alloys, alloying elements, mechanical properties, biological properties, corrosion properties

## ۱- مقدمه

منیزیم با چگالی  $1/74 \text{ g/cm}^3$  سبک‌ترین فلز مهندسی محسوب می‌شود [۱]. چگالی پایین این فلز که کاهش وزن را به همراه دارد، باعث استقبال گسترده از آن در صنایع خودرو سازی، نظامی، هواپیمایی، پزشکی و غیره شده است [۲ و ۳]. از جمله کاربردهای منیزیم در صنایع پزشکی برای ساخت ایمپلنت‌های ارتوپدی می‌باشد. منیزیم و آلیاژهای آن پتانسیل بالایی از زیست سازگاری، زیست تخریب پذیری، مدول الاستیسیته نزدیک به استخوان طبیعی و قابلیت تحمل بار را دارند. اما از آنجایی که منیزیم دارای مقاومت به خوردگی و خواص مکانیکی ضعیفی است، از روش‌های مختلفی برای بهبود این خواص استفاده می‌شود که از جمله می‌توان به آلیاژ سازی، عملیات حرارتی، عملیات ترمومکانیکی و پوشش‌دهی اشاره کرد [۴-۹]. عناصر رایج مورد استفاده در آلیاژ سازی شامل آلومینیم، روی، منگنز، کلسیم، ایتیریم، زیرکونیم و عناصر نادر خاکی می‌باشند که باعث بهبود خواص فیزیکی و مکانیکی آلیاژ منیزیم می‌شوند [۱۰ و ۱۱]. عناصر آلیاژی باید به دقت انتخاب گردند تا خواص زیست سازگاری منیزیم حفظ شود. آلومینیم به عنوان یک عنصر آلیاژی مهم در آلیاژهای پایه منیزیم برای افزایش استحکام و مقاومت در برابر خوردگی به کار گرفته می‌شود. با این حال، زیست سازگاری ضعیف آن باعث کاهش فسفات در بافت و کاهش جذب فسفات در دستگاه گوارش می‌شود که می‌تواند به زوال تدریجی عقل منجر گردد. مطابق مقالات موجود، اگر غلظت آلومینیم از حد معینی تجاوز کند، برای سلول‌های زنده سمی است [۱۰-۱۶] و تجمع غلظت‌های زیاد آن به اختلالات سیستم عصبی، زوال عقل و بیماری آلزایمر منجر شده [۱۵ و ۱۷-۱۹] و برای سلول‌های استخوان ساز استئوبلاست مضر است [۱۵ و ۲۰]. همچنین عناصر نادر خاکی نظیر سریم، نئودیمیم، زیرکونیم و پراسئودیمیم نیز برای بدن سمی هستند و می‌توانند منجر به مسمومیت کبدشوند [۱۵ و ۲۰-۱۹]. استفاده از مواد ضروری برای بدن انسان به عنوان عناصر آلیاژی، تا حد زیادی احتمال سمی بودن را کاهش می‌دهد و سبب تولید یک آلیاژ زیست تخریب پذیر و سازگار با محیط بدن می‌شود [۵ و ۶]. کلسیم و روی دو عنصر اساسی در بدن انسان است که افزایش استحکام مکانیکی را در آلیاژهای پایه منیزیم تامین می‌کنند. همچنین گزارش شده است که کلسیم مقاومت به خوردگی

جدول ۱) خواص مکانیکی آلیاژهای ZM21 با مقادیر مختلف کلسیم [۲۴]

Ca(wt%)	UTS(MPa)	YS(MPa)	EL(%)
0	251 ± 1/9	157 ± 0/8	15/2 ± 0/8
0/09	262 ± 1/1	188 ± 2/5	22/2 ± 1/3
0/33	265 ± 4/2	200 ± 5/1	19/6 ± 0/7
0/69	260 ± 1/8	187 ± 4/7	21/5 ± 0/7
1/58	257 ± 2/3	177 ± 7/6	14/6 ± 1/5

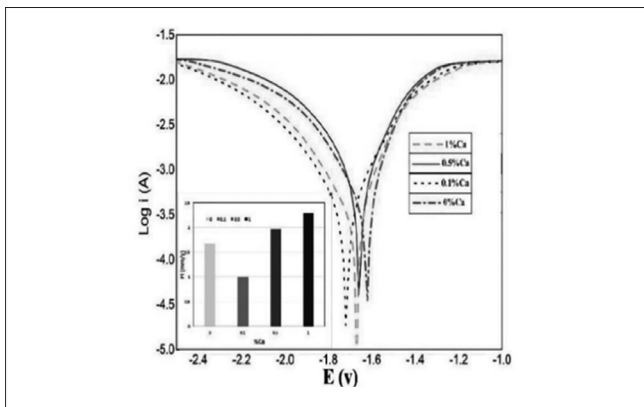
آلیاژهای پایه منیزیم را در محلول شبیه ساز بدن بهبود می‌بخشد. از طرفی، کلسیم عنصر اصلی تشکیل دهنده استخوان می‌باشد که می‌تواند استخوان سازی را تسریع کند. از این رو، انتخاب عناصر آلیاژی مناسب در طراحی مواد زیست سازگار مورد استفاده در داخل بدن امری بسیار ضروری است.

## ۲- تاثیر عناصر آلیاژی بر روی خواص مکانیکی، خوردگی و

### زیستی منیزیم

#### ۱-۲ کلسیم

کلسیم دارای چگالی پایین  $1/55 \text{ g/cm}^3$  و قابلیت آلیاژسازی خوبی با منیزیم است. مطابق پژوهش‌های پیشین مشخص شده است که در آلیاژ Mg-Ca زمانیکه که مقدار کلسیم به بیش از ۵ درصد وزنی برسد، این آلیاژ در دمای اتاق بسیار شکننده شده و به آسانی توسط دست شکسته می‌شود [۲۳-۲۱] و اگر مقدار آن کمتر از ۳ درصد وزنی باشد، خواص خزشی آلیاژ را تقویت خواهد کرد و در صورت وجود آن در آلیاژ در مقادیر ۵ الی ۱۵ درصد وزنی انعطاف پذیری را تضعیف می‌کند [۲۲]. مطالعات پیشین انجام شده بر روی آلیاژ (ZM21)Mg-2Zn-1Mn نیز نشان داده است که استحکام کششی نهایی و درصد ازدیاد طول با افزایش کسر افزودنی کلسیم از ۰/۳ به ۰/۵ درصد وزنی افزایش می‌یابد و سپس به‌طور چشمگیری در مقادیر بیش از ۱ درصد وزنی کلسیم، افت پیدا می‌کند. این موضوع را می‌توان به حضور فازهای ثانویه در سیستم آلیاژی Mg-Zn-Mn-Ca نسبت داد که با افزودن ۰/۳ الی ۰/۵ درصد وزنی کلسیم، ترکیبات بین فلزی  $\text{Ca}_3\text{Mg}_2\text{Mn}_3$  و در صورت غنی بودن کلسیم و افزایش مقدار آن به بیش از ۱ درصد وزنی، ترکیب  $\text{Mg}_2\text{Ca}$  تشکیل می‌شود [۲۳]. تاثیرات مقدار کلسیم بر خواص مکانیکی آلیاژ منیزیم در جدول ۱ خلاصه شده است.



شکل ۱) منحنی‌های حاصل از آزمون پلاریزاسیون آلیاژ Mg-5Zn-1Y با مقادیر مختلف Ca به همراه نمودار ستونی سرعت خوردگی [۲۵].

درصد وزنی باشد، موجب افزایش استحکام تسلیم و قابلیت ریخته‌گری آلیاژهای منیزیم می‌شود. همچنین در درصدهای پایین‌تر از ۶ درصد وزنی، افزایش چشمگیری در استحکام نهایی و انعطاف پذیری گزارش شده است [۲۲]. مطابق تحقیقات انجام گرفته توسط شی و همکاران [۳۲]، افزودن آلومینیم به آلیاژ منیزیم تاثیر متفاوتی روی نرخ خوردگی می‌گذارد، به طوری که هرگاه آلومینیم با خلوص تجاری وارد فاز زمینه Mg-Al شود، مقاومت به خوردگی را بعد از آندایزینگ کاهش می‌دهد. اما اگر آلومینیم با خلوص بالا وارد فاز زمینه Mg-Al گردد، افزایش مقاومت به خوردگی را سبب می‌شود [۳۲]. همچنین در آلیاژ AZ91D مشاهده شده است که اگر فاز  $\beta$  ( $Mg_{17}Al_{12}$ ) کسر حجمی بالاتری داشته باشد، به عنوان یک شبکه در امتداد مرزخانه‌ها توزیع می‌شود و باعث ایجاد سدی در اطراف ماتریس  $\alpha$ -Mg می‌گردد و در نتیجه خوردگی آلیاژ منیزیم کاهش می‌یابد. اما هنگامی که شبکه فاز  $\beta$  تخریب شده و بصورت ذرات ریزی در زمینه‌ی Mg توزیع شود، خوردگی را تسریع می‌کند. به طور کلی توزیع شبکه‌ای فاز  $Mg_{17}Al_{12}$  مقاومت به خوردگی آلیاژهای منیزیم را افزایش می‌دهد، اما ایجاد یک کوپل میکرو گالوانیک بین فاز  $Mg_{17}Al_{12}$  و فاز زمینه، خوردگی را تسریع می‌کند [۲۲]. مقدار بهینه آلومینیم برای افزایش مقاومت به خوردگی در آلیاژ Mg-Li نیز ۰/۶ درصد وزنی گزارش شده است [۳۰].

بررسی‌های کلینیکی در خصوص حضور آلومینیم در آلیاژهای منیزیم نشان داد که این عنصر برای بدن سمی بوده و عوارضی مانند بروز بیماری‌های آلزایمر، اختلالات هوشی و آسیب فیبر عضلانی را سبب می‌شود. برای خنثی کردن تاثیرات مخرب آلومینیم از عنصر روی استفاده می‌شود تا از ناسازگاری‌های ایجاد شده مانع کند [۲۲].

### ۲-۳ سرب

تقویت خواص مکانیکی، بهبود رفتار خوردگی و قابلیت ریخته‌گری آلیاژ منیزیم AZ91 با افزودن مقدار معینی از سرب امکان پذیر می‌باشد [۳۳]. نتایج پژوهش‌های عسکران و همکاران [۳۴] بر روی ریزساختار و خواص مکانیکی آلیاژ AZ91 در شرایطی که به این آلیاژ مقادیر مختلف ۰/۵، ۱ و ۳ درصد وزنی عنصر سرب افزوده شده بود، نشان می‌دهد که با اضافه کردن سرب، کسر حجمی فاز  $Mg_{17}Al_{12}$  در آلیاژ کاهش می‌یابد. همچنین

در مطالعه‌ای دیگری که توسط دوست محمدی و همکاران [۲۵] بر روی سیستم آلیاژی Mg-5Zn-1Y-xCa با مقادیر ۰/۱، ۰/۵ و ۱ درصد وزنی کلسیم انجام گرفت، مشاهده شد که با افزایش مقدار کلسیم ساختار ریزدانه‌تر شده و ریزدانه‌ترین ساختار برای نمونه با ۱ درصد وزنی کلسیم گزارش شد. همچنین بررسی‌های میکروسکوپی نشان می‌دهد که آلیاژ ریختگی Mg-5Zn-1Y دارای فاز زمینه  $\alpha$ -Mg و فاز  $(Mg_3YZn)_6$  به صورت لایه‌ای در مرز دانه می‌باشد و با افزایش درصد کلسیم فاز پیوسته  $Ca_2Mg_6Zn_3$  در مرز دانه‌ها تشکیل می‌شود و فاز  $Mg_3YZn_6$  به دلیل مصرف روی در واکنش تشکیل فاز  $Ca_2Mg_6Zn_3$  کاهش می‌یابد. از طرفی، افزودن کلسیم به آلیاژ Mg-5Zn-1Y باعث ریزدانه‌تری ساختار می‌گردد که با توجه به منحنی‌های پلاریزاسیون در شکل ۱، افزایش سرعت خوردگی را به دنبال دارد، چرا که تشکیل فاز ثانویه  $Ca_2Mg_6Zn_3$  در ساختار با توجه به پتانسیل بالاتر آن نسبت به زمینه  $\alpha$ -Mg سبب ایجاد کوپل گالوانیک در ریزساختار شده و با ایفای نقش کاند سبب افزایش خوردگی زمینه می‌شود [۲۵]. بنابراین مقدار کلسیم را باید جهت تقویت خواص مکانیکی و خوردگی در یک محدوده مناسبی حفظ کرد.

نتایج بررسی‌های لی و همکاران [۲۱] بر روی آلیاژ دوتایی Mg-XCa با مقادیر ۱ الی ۳ درصد وزنی کلسیم نشان می‌دهد که نمونه‌ی دارای ۱ درصد وزنی کلسیم، از زیست‌سازگاری قابل قبولی به عنوان یک ماده زیست تخریب پذیر برخوردار است [۲۱] و مقدار بهینه کلسیم برای بهبود مقاومت به خوردگی منیزیم نیز ۱ درصد وزنی گزارش شده است [۲۲ و ۲۶]. مطالعات بالینی، تاثیر این عنصر در بدن را گاهی مفید و گاهی مضر گزارش کرده‌اند. مفید بودن کلسیم از آن جهت است که حضور یون‌های  $Ca^{2+}$  در هیدروکسی آپاتیت (HA) استخوان ساز ضروریست و مضر بودن آن نیز به دلیل تاثیر بر روی ابتلا به سنگ کلیه [۲۷] و آرتروز می‌باشد [۲۲]. کلسیم بر روی ریخته‌گری آلیاژهای منیزیم نیز تاثیر مطلوبی می‌گذارد، به طوری که به عنوان یک جایگزین عالی برای گاز سمی و گران قیمت  $SF_6$  است که در جلوگیری از اکسید شدن مذاب آلیاژ منیزیم کاربرد دارد. مطابق مطالعات انجام شده، افزودن ۲ درصد وزنی کلسیم به آلیاژ Mg-9Al-1Zn (AZ91) از ورود اکسیدهای سطحی به داخل مذاب جلوگیری کرده و با افزایش مقاومت به اکسید شدن، سیالیت مذاب را به طور قابل توجهی افزایش می‌دهد [۲۸].

### ۲-۲ آلومینیم

آلومینیم رایج‌ترین عنصر آلیاژی برای اصلاح خصوصیات مکانیکی و مقاومت در برابر خوردگی منیزیم می‌باشد. افزودن آلومینیم به آلیاژهای منیزیم موجب اصلاح اندازه دانه می‌شود [۲۲ و ۲۹-۳۱]. گزارش شده است که افزودن ۱ الی ۵ درصد وزنی آلومینیم موجب کاهش قابل توجه در اندازه دانه‌ها می‌شود، اما اگر مقدار این عنصر از ۵ درصد وزنی بیشتر شود، هیچ تاثیری روی اندازه دانه نخواهد داشت [۲۲]. استحکام تسلیم آلیاژهای ریختگی Mg-Al به طور عمده با اندازه دانه و فاصله میان بازوهای دندردیتی تعیین می‌شود. مقدار فاز  $Mg_{17}Al_{12}$  با افزایش مقدار آلومینیم افزایش می‌یابد و هنگامی که مقدار آلومینیم بالای ۳

جدول ۲) مقادیر  $E_{corr}$ ،  $I_{corr}$  و CR حاصل از نمودارهای پلاریزاسیون آلیاژهای AZ91+Pb در محلول ۳/۵ درصد وزنی NaCl [۳۳].

Alloy	$E_{corr}$ (mV)	$I_{corr}$ ( $\mu A/cm^2$ )	CR (mm/y)
AZ91	-821	153/0	3/50
AZ91 + 0/2Pb	-775	85/9	1/96
AZ91 + 0/3Pb	-742	17/0	0/39
AZ91 + 0/4Pb	-740	15/0	0/34
AZ91 + 0/5Pb	-737	8/6	0/20
AZ91 + 1/0Pb	-678	3/0	0/07

خواص مکانیکی، مقاومت به خوردگی و زیست سازگاری می‌شود. تاثیر این عنصر بر روی خواص خوردگی آلیاژهای منیزیم به مقدار کسر حجمی فازهای  $Mg_{17}Sr_2$  بستگی دارد و مقدار بهینه آن ۲ درصد وزنی گزارش شده است [۲۲].

#### ۵-۲ روی

مطابق شکل ۲، افزودن روی موجب کاهش نرخ خوردگی آلیاژ Mg-Zn می‌شود. از طرف دیگر به نظر می‌رسد که وجود رسوبات گسسته در زمینه آلیاژ می‌تواند موجب تشدید خوردگی میکرو گالوانیک شود، اما با توجه به بالا بودن ولتاژ روی نسبت به هیدروژن، تاثیر خوردگی میکروگالوانیک ناچیز بوده و افزایش محسوسی در میزان خوردگی برای آلیاژ حاوی ذرات غنی از روی وجود ندارد [۳۲]. ژانگ و همکاران [۳۶] به بررسی تاثیر عنصر روی بر روی خواص مکانیکی آلیاژهای Mg-6Zn بعد از عملیات محلول جامد و کارگرم پرداختند و نشان دادند که آلیاژ Mg-6Zn دارای استحکام نهایی کششی و فشاری بالاتر و همچنین افزایش طول نسبی نسبت به آلیاژ سخت و فشرده Mg-Ca می‌باشد. همچنین، نتایج بررسی‌های انجام شده توسط ین و همکاران [۳۷] بر روی خواص مکانیکی آلیاژهای اکستروژن و سخت شده Mg-xZn-Mn با مقادیر مختلف روی نشان داد که افزایش درصد وزنی روی از ۰ به ۳، به طور قابل ملاحظه‌ای باعث افزایش استحکام کششی و استحکام تسلیم می‌شود. علت این امر کاهش اندازه دانه از ۱۲ میکرون به ۴ میکرون گزارش شده است [۲۲ و ۲۳]. بر عکس، افزایش طول نسبی با مقدار افزایش روی کاهش پیدا می‌کند. با این حال، مطابق اطلاعات جدول ۳، آلیاژ حاوی ۳ درصد وزنی روی، ۱۰ درصد افزایش طول نسبی را نشان می‌دهد. گوانگین و همکاران [۳۸] در آلیاژ Mg-xZn-1Si به نتیجه مشابهی دست یافتند و نشان دادند که استحکام تسلیم و استحکام کشش نهایی با افزایش مقدار روی در آلیاژ افزایش می‌یابد، در حالی که ازدیاد طول نسبی به تدریج کاهش می‌یابد. به علاوه، با در نظر گرفتن تاثیر مقادیر مختلف روی بر خواص مکانیکی آلیاژهای Mg-xZn-1Mn، ژانگ و همکاران [۳۹] تاثیر فرایند اکستروژن را بر روی خواص این آلیاژ مورد بررسی قرار داده‌اند. نتایج حاصل از آزمون‌های مکانیکی نشان داد که استحکام تسلیم و استحکام کششی نهایی نمونه‌های آلیاژ ریخته‌گری و سخت شده با افزایش مقدار روی بهبود می‌یابد. فرایند اکستروژن، به استثنای آلیاژ منیزیم با ۳ درصد وزنی روی، منجر به افزایش قابل توجهی در درصد ازدیاد طول می‌شود [۲۳].

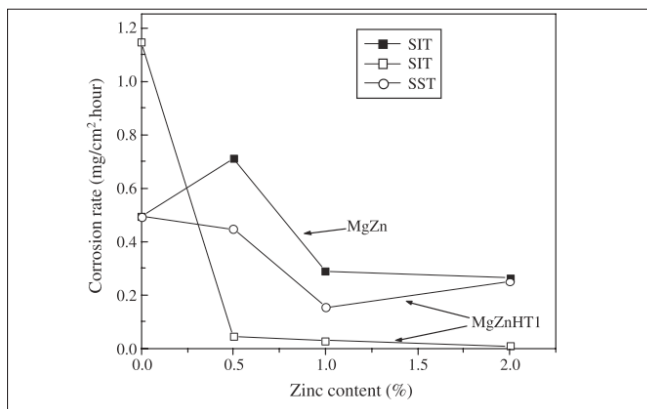
از دیگر ویژگی‌های روی کاهش تاثیرات مخرب ناخالصی‌های نیکل و آهن بر روی مقاومت به خوردگی در آلیاژهای منیزیم است و در

با افزایش سرب تا ۱ درصد وزنی، تمایل به تشکیل رسوبات پراکنده Mg<sub>17</sub>Al<sub>12</sub> کمتر شده و اندازه دانه‌ها از ۹۶ به ۴۱ میکرومتر کاهش پیدا می‌کند. علاوه بر این، بیشترین استحکام کششی و درصد ازدیاد طول بهینه در آلیاژ AZ91 حاوی ۱ درصد وزنی سرب مشاهده شد و با افزایش سرب از ۰ تا ۱ درصد وزنی، استحکام کششی از ۱۲۹ مگاپاسکال به ۱۶۰ مگاپاسکال و میزان درصد ازدیاد طول از ۲/۷ به ۷ درصد، افزایش می‌یابد. همچنین با افزایش سرب تا ۳ درصد وزنی، استحکام کششی از ۱۶۰ مگاپاسکال به ۱۲۴ مگا پاسکال و میزان درصد ازدیاد طول از ۷ به ۶/۸ درصد، کاهش پیدا می‌کند. بررسی سطح شکست نیز نشان داد که شکست در این آلیاژها به صورت کلیواژ (ترد) می‌باشد و با افزودن سرب تغییری در نوع سطح شکست به وجود نمی‌آید و تنها در برخی از مناطق، تغییر فرم پلاستیک به صورت موضعی دیده می‌شود [۳۴]. در پژوهش مشابهی که توسط کندن و همکاران [۳۲] بر روی آلیاژ AZ91 با مقادیر ۰/۲، ۰/۳، ۰/۴، ۰/۵ و ۱ درصد وزنی سرب انجام شد، نتایج حاصله نشان دهنده افزایش استحکام کششی نهایی، استحکام تسلیم و درصد ازدیاد به ترتیب تا ۴۲٪، ۵۸٪ و ۲۰٪ با افزودن ۰/۴ درصد وزنی سرب به آلیاژ است. دلیل بهبود خواص مکانیکی با افزودن سرب، به ممانعت از تشکیل فازهای بین فلزی  $\beta$ -Mg<sub>17</sub>Al<sub>12</sub> و  $\alpha$ -Mg+ $\beta$  یوتکتیک نسبت داده شده است. افزودن سرب به آلیاژ AZ91 نه تنها خواص مکانیکی را بهبود می‌دهد، بلکه باعث افزایش مقاومت به خوردگی آلیاژ نیز می‌شود. همانگونه که در جدول ۲ نشان داده شده است، افزودن ۱ درصد وزنی سرب باعث افزایش ۹۸ درصدی مقاومت به خوردگی می‌شود.

#### ۴-۲ استرانسیم

استرانسیم موجب اصلاح دانه بندی می‌گردد و افزودن کمتر از ۲ درصد وزنی از این عنصر به آلیاژهای منیزیم، استحکام کششی را افزایش داده و کرنش نهایی و استحکام فشاری نهایی را کاهش می‌دهد که ناشی از توزیع ترکیبات Mg-Sr در امتداد مرز دانه‌ها است [۲۲]. نادری و همکاران [۳۵]، ریزساختار و خواص مکانیکی آلیاژ منیزیم AZ91 در شرایطی که به آن مقادیر مختلف ۰، ۰/۰۵، ۰/۵ و ۱ درصد وزنی عنصر استرانسیم افزوده شده بود را مورد بررسی قرار دادند. نتایج بررسی آنها نشان داد که با افزودن استرانسیم، کسر حجمی فاز  $Mg_{17}Al_{12}$  در آلیاژ از ۲۵/۶٪ به ۱۶/۱٪ افت پیدا می‌کند و اندازه دانه‌ها بعد از عملیات حرارتی همگن سازی از ۱۳۱ میکرومتر در آلیاژ AZ91 فاقد استرانسیم به ۴۳ میکرومتر در آلیاژ AZ91 حاوی ۱ درصد وزنی استرانسیم کاهش می‌یابد. علاوه بر این مشاهده شد که بیشترین استحکام کششی و درصد ازدیاد طول در بین آلیاژهای مورد بررسی، در آلیاژ شامل ۱ درصد وزنی استرانسیم رخ می‌دهد. با افزایش استرانسیم از صفر تا یک درصد وزنی، استحکام کششی از ۱۲۹ مگاپاسکال به ۱۷۷ مگا پاسکال و میزان درصد ازدیاد طول از ۱/۱ به ۲ درصد افزایش می‌یابد [۳۵]. همچنین گزارش شده است که افزودن عنصر استرانسیم موجب افزایش رشد سلول‌های استخوانی شده و برای درمان پوکی و شکستگی استخوان سودمند است. بنابراین آلیاژهای جدیدی مانند Mg-Sr و Mg-Zn-Sr برای کاربردهای پزشکی توسعه یافته‌اند که افزودن مقدار بهینه استرانسیم موجب بهبود





شکل ۲) تاثیر مقادیر مختلف روی بر نرخ خوردگی آلیاژ Mg-Zn [۳۲].

جدول ۳) خواص مکانیکی آلیاژ Mg-Zn-Mn با مقادیر مختلف روی [۳۳].

Alloy	UTS(MPa)	YS(MPa)	EL(%)
Mg-Mn	260 ± 2/3	206/2 ± 14/6	18/7 ± 8/5
Mg-1Zn-Mn	280 ± 0/9	246 ± 4/5	21/8 ± 0/6
Mg-2Zn-Mn	283 ± 1/0	248/8 ± 0/8	20/9 ± 0/7
Mg-3Zn-Mn	315 ± 4/3	275/9 ± 0/2	10/5 ± 1/2

#### ۲-۹ منگنز

افزودن عنصر منگنز باعث افزایش لغزش مرز دانه‌ای در دمای اتاق شده، رفتارهای نامتقارن را کاهش می‌دهد و همچنین موجب بهبود شکل پذیری کششی در دمای اتاق می‌شود [۴۳]. گزارشات حاکی از آن است که اگر مقدار منگنز در آلیاژهای Mg-Zn کم باشد، اصلاح اندازه دانه قابل توجهی را به همراه خواهد داشت. افزایش اندک استحکام تسلیم، کاهش استحکام کششی نهایی و درصد ازدیاد طول از دیگر تاثیرات این عنصر بر روی این نوع آلیاژهاست. همچنین از طریق تشکیل فازهای جدید با آهن و سایر فلزات سنگین موجب حذف ناخالصی‌ها شده و با این مکانیزم مقاومت به خوردگی را افزایش می‌دهد [۲۲]. بر اساس مطالعات انجام گرفته، این عنصر سمی بوده و موجب سمیت عصبی و نیز عامل بیماری مشابه پارکینسون معرفی شده و دوز سمی آن نیز ۱۰ میکرو مولار گزارش شده است [۲۲ و ۲۸].

#### ۲-۱۰ زیرکونیم

افزودن عنصر زیست سازگار زیرکونیم به آلیاژهای منیزیم موجب کاهش اندازه دانه می‌گردد، به طوری که با بررسی آلیاژ Mg-xZr-2Sr، کاهش اندازه دانه و به طبع آن افزایش نرخ خوردگی مشاهده شده است. برای آلیاژهای دوتایی Mg-Zr نیز افزایش چشمگیری در انعطاف پذیری، درصد ازدیاد طول و استحکام نهایی و افزایش اندک در استحکام فشاری نهایی با افزودن مقدار اندکی از عنصر زیرکونیم حاصل شد. مطابق نتایج به دست آمده افزودن مقادیر کمتر از ۲ درصد وزنی از این عنصر مقاومت به خوردگی آلیاژ منیزیم را افزایش می‌دهد [۲۲].

#### ۲-۱۱ لیتیم

عنصر لیتیم نسبت به اکثر عناصر آلیاژی دانه بندی را ریزتر کرده و باعث افزایش لغزش مرز دانه‌ای در دمای اتاق می‌شود. همچنین حضور

صورتیکه در آلیاژ مقدار روی کمتر از ۵ درصد وزنی باشد، خواص مقاومت به خوردگی بهبود می‌یابد. از طرف دیگر، عنصر روی زیست سازگار بوده و از عوامل تاثیرگذار در تنظیم آنزیم‌ها و خون طبیعی می‌باشد [۲۲ و ۲۷].

#### ۲-۶ بور

مطالعه انجام گرفته توسط سورش و همکاران [۴۰] بر روی آلیاژ AZ91 با مقادیر مختلف، ۰/۰۸، ۰/۰۲، ۰/۰۳۲ و ۰/۰۴ درصد وزنی بور نشان داد که افزودن عنصر بور به این آلیاژ به شدت موجب ریزدانه‌گی می‌شود و دلیل این امر ایجاد ذرات AIB<sub>2</sub> به عنوان مکان‌های جوانی زنی غیر همگن در مرز دانه‌های منیزیم گزارش شده است که سبب بهبود خواص مکانیکی می‌شود. با توجه به داده‌های جدول ۴، مشاهده می‌شود که سختی برینل، استحکام تسلیم، استحکام کششی نهایی و درصد ازدیاد طول با افزایش مقدار بور به صورت خطی افزایش می‌یابند.

#### ۲-۷ تیتانیوم

طبق نتایج بدست آمده از بررسی آلیاژ AZ91 با مقادیر ۰/۲ و ۰/۵ درصد وزنی تیتانیوم مشخص شده است که افزودن این عنصر موجب افزایش ۱۸٪ استحکام کششی نهایی و افزایش ۴۷٪ در استحکام تسلیم می‌شود. ارزیابی رفتار خوردگی این آلیاژ در حضور تیتانیوم توسط آزمون‌های غوطه وری و پلاریزاسیون پتانسیودینامیکی در محلول ۳/۵٪ NaCl نشان می‌دهد که مقاومت به خوردگی این آلیاژ با افزایش مقدار تیتانیوم، افزایش می‌یابد. به طوریکه در مقایسه با آلیاژ AZ91 فاقد تیتانیوم، افزودن ۰/۵ درصد وزنی تیتانیوم مقاومت به خوردگی را تا ۴۵ برابر افزایش می‌دهد که به دو دلیل ممانعت از جدایش فاز یوتکتیک β-Mg<sub>17</sub>Al<sub>12</sub> و افزایش غلظت آلومینیم در محلول جامد Mgα با افزودن تیتانیوم گزارش شده است. مهار تاثیرات مخرب ناخالصی‌های آهن و سیلیسیم از دیگر ویژگی‌های این عنصر می‌باشد [۴۱].

#### ۲-۸ قلع

یونس تورن [۴۲] با بررسی تاثیر افزودن عنصر قلع بر روی خواص مکانیکی، ریز ساختاری و خواص ریخته گری آلیاژ AZ91 به این نتیجه رسید که افزودن عنصر مذکور موجب اصلاح فاز Mg<sub>17</sub>Al<sub>12</sub> و ایجاد فاز جدید Mg<sub>2</sub>Sn می‌شود. همچنین مقدار ۰/۵ درصد وزنی قلع، سیالیت مذاب را افزایش می‌دهد، درحالی‌که مقادیر بالای ۰/۵ درصد وزنی به سرعت سیالیت را حین ریخته گری، به دلیل شکسته شدن فیلم اکسیدی MgO روی سطح مذاب فلز، کاهش می‌دهد. شکل ۳، خلاصه‌ای از تاثیر مقادیر مختلف عنصر قلع را بر روی خواص مکانیکی آلیاژ AZ91 نشان می‌دهد. مطابق نتایج به دست آمده، استحکام کششی، استحکام تسلیم و درصد ازدیاد طول با افزودن ۰/۵ درصد وزنی ارتقاء یافته، اما در مقادیر بالاتر تضعیف می‌شود و با افزایش مقدار این عنصر، سختی آلیاژ به صورت جزئی کاهش می‌یابد. افزایش خواص مکانیکی به تغییر ساختار یوتکتیک لایه‌ای به ساختار کاملاً مجزای یوتکتیک بتا و وجود آن در مرز دانه‌های زمینه منیزیم نسبت داده شده است. همچنین کاهش خواص مکانیکی نیز به دلیل تشکیل خوشه‌های Mg<sub>2</sub>Sn می‌باشد.

جدول ۴) خواص مکانیکی آلیاژ AZ91 با مقادیر مختلف از بور [۴۰].

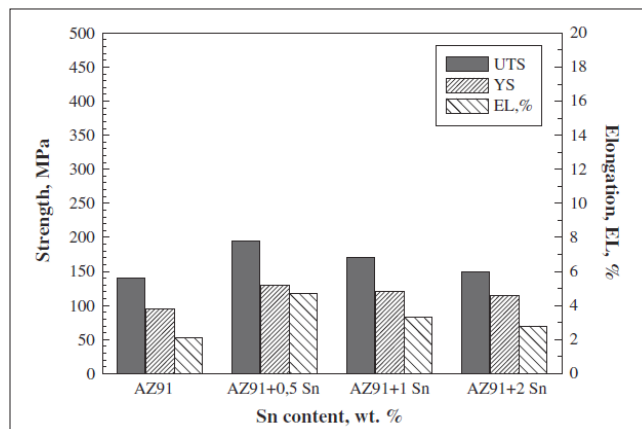
Alloy	BHN	YS(MPa)	UTS(MPa)	EL%
AZ91	61	95	180	3/3
AZ91 + 0/008B	67	102	197	3/9
AZ91 + 0/02Pb	72	107	211	4/4
AZ91 + 0/032Pb	77	110	226	4/8
AZ91 + 0/04Pb	79	113	229	4/9

### ۱۳-۲ ایتیریم

ایتیریم نقش مهمی در بهبود شکل پذیری آلیاژهای منیزیم ایفا می کند [۴۳]. کومار و همکاران [۴۴] با بررسی رفتار احتراقی منیزیم خالص و آلیاژهای AZ91 و WE43 مشاهده کردند که منیزیم خالص در حالت جامد و در نزدیکی دمای ۶۵۰ درجه سانتیگراد محترق می شود که احتمالاً به خواص خودگرمايشی آن مرتبط است. همچنین برای آلیاژ AZ91 دمای احتراق تا دمای ۶۰۰ درجه سانتیگراد کاهش می یابد و در نهایت برای آلیاژ WE43 هیچ احتراقی مشاهده نشد که به نقش ویژه ایتیریم در فرآیند اکسیداسیون نسبت داده شده است [۴۴]. ایتیریم حلالیت نسبتاً بالایی در منیزیم دارد و به صورت شگرف موجب اصلاح اندازه دانه می شود و همواره با سایر عناصر کمیاب خاکی استفاده می شود و از طریق ایجاد فازهای غنی از ایتیریم مقاومت به خزش را افزایش می دهد. افزایش چشمگیری در استحکام کششی و استحکام تسلیم با افزایش مقدار ایتیریم تا ۳ درصد وزنی در منیزیم خالص گزارش شده است. تاثیر افزودن ایتیریم بر رفتار خوردگی آلیاژهای Mg مورد بحث می باشد که به ترکیب شیمیایی آلیاژ و نیز مقدار ایتیریم بستگی دارد، اما مطابق بررسی های انجام گرفته، اگر مقدار ایتیریم بیشتر از ۲ درصد وزنی باشد، مقاومت به خوردگی آلیاژ دوتایی Mg-Y را افزایش می دهد. بررسی های بالینی بر روی موش ها نشان داده است که ایتیریم منجر به آسیب حاد کبدی می -گردد، بنابراین یک عنصر مضر شناخته شده است [۲۲ و ۲۷]. مقایسه خواص مکانیکی آلیاژ Mg-9Al-0.8Zn-0.2Mn با مقادیر مختلف از آنتیموان و ایتیریم در دمای اتاق و دمای ۱۵۰ درجه سانتی گراد، ریز شدن اندازه دانه تا ۱۴۰ میکرومتر و بهبود خواص مکانیکی این آلیاژ را در مقادیر ۰/۶ و ۰/۵ درصد وزنی آنتیموان نشان داده است. حضور ایتیریم تشکیل فاز بین فلزی Al<sub>2</sub>Y که از لحاظ حرارتی و متالورژیکی پایدار هستند را ترغیب می کند که در امتداد مرزدانه ها توزیع شده و استحکام مرزدانه های را بهبود می بخشد. همچنین تضعیف خواص مکانیکی این آلیاژ در مقادیر بالای ۰/۶ درصد وزنی ایتیریم گزارش شده است [۴۵]. مقایسه خواص سوپر پلاستیکی آلیاژهای نورد شده Mg-8.5Li-1Y و Mg-8.5Li نشان می دهد که استحکام آلیاژ حاوی ایتیریم در نرخ کرنش  $4 \times 10^{-3} \text{ s}^{-1}$  بیشتر از آلیاژ بدون ایتیریم می باشد. همچنین در دمای کشش ۳۵۰ درجه سانتی گراد و نرخ کرنش  $2 \times 10^{-4} \text{ s}^{-1}$ ، درصد ازدیاد طول آلیاژ Mg-8.5Li 600% و در همان دما درصد ازدیاد طول آلیاژ Mg-8.5Li-1Y 400% گزارش شده است. در پژوهشی توسط وو و همکاران [۳۰] تاثیرات ایتیریم بر روی آلیاژ Al(1-3)-8Li-Mg بررسی شد. نتایج حاصله اصلاح ریزساختار را به صورت کروی و تشکیل فاز Al<sub>2</sub>Y در طول انجماد را نشان داد که این فاز از تشکیل فاز  $\alpha$  جلوگیری کرده و موجب تقویت خواص مکانیکی آلیاژ می شود. علاوه بر این گزارش شده است که ایتیریم درصد ازدیاد طول را بیشتر از استحکام تقویت می کند [۳۰].

### ۱۴-۲ گادولینیم

افزودن عنصر گادولینیم به منیزیم موجب اصلاح اندازه دانه شده



شکل ۳) مقایسه خواص مکانیکی آلیاژ AZ91 با مقادیر مختلف قلع [۴۲].

این عنصر موجب بهبود شکل پذیری کششی در دمای اتاق می شود [۴۳]. شکل پذیری نیز با افزودن مقادیر بالای ۱۱ درصد وزنی لیتیم ارتقاء می یابد که دلیل این امر تشکیل فازهای Mg-Li با ساختار BCC در امتداد مرزدانه ها می باشد و استحکام را نیز به صورت چشمگیری کاهش می دهد. تاثیرات متفاوتی از افزودن این عنصر بر خوردگی گزارش شده به طوریکه افزایش مقاومت به خوردگی در غلظت های پایین تر از ۹ درصد وزنی در منیزیم خالص ایجاد می شود و با افزودن مقادیر بالاتر لیتیم، تسریع نرخ خوردگی مشاهده شده است. بر اساس مطالعات بالینی، لیتیم به عنوان یک عنصر سمی که موجب بیماری های دیابت، بیماری های مزمن کلیوی و مسمومیت می شود، معرفی شده است [۲۲ و ۳۷].

### ۱۲-۲ نقره

نقره در منیزیم و لیتیم حلالیت بالایی دارد و به همین دلیل در آلیاژهای Mg-Li از طریق استحکام بخشی محلولی موجب افزایش استحکام می شود. در واقع دلیل عمده افزودن نقره به این آلیاژها برای استحکام دهی نمی باشد، بلکه به علت پایدار ساختن سایر عناصر آلیاژی است. افزودن این عنصر در آلیاژ Mg-12Li تا مقادیر کمتر از ۱۰ درصد وزنی موجب افزایش استحکام به صورت خطی می شود، اما در مقادیر بالاتر از ۱۰ درصد وزنی استحکام را به مقدار جزئی افزایش می دهد. قدرت تقویت کنندگی این عنصر در مقایسه با آلومینیم و روی کمتر است. همچنین با افزایش مقدار نقره، به میزان کمی کاهش درصد ازدیاد طول گزارش شده است. افزودن ۱ درصد وزنی نقره به آلیاژهای Mg-12Li-7.5Zn و Mg-12Li-18cd موجب ممانعت از پیرسازی بیش از حد می گردد. مطابق نتایج بررسی های انجام گرفته توسط محققین در آلیاژ Mg-5Li-3Al-2Zn-(0-0.6)Ag ریز ساختار از فازهای  $\alpha$ ،  $\beta$  و AlLi تشکیل شده و در آلیاژ Mg-5Li-3Al-2Zn-1.2Ag فازهای تشکیل دهنده ریز ساختار  $\beta$ ،  $\alpha$  و MgAlLi<sub>2</sub> می باشند. در حین پیر سازی در دمای ۱۰۰

و با افزایش مقدار آن در آلیاژ، افزایش استحکام کششی و استحکام تسلیم را خواهیم داشت. گزارش شده است که اگر مقدار این عنصر در آلیاژ Mg-Gd کمتر از ۶ درصد وزنی باشد، درصد ازدیاد طول بهبود می‌یابد. اتم‌های Gd با اتم‌های Mg جایگزین می‌شوند و یک محلول جامد جانشینی به دست می‌آید. هیچ توافقی در مورد تاثیر این عنصر بر روی خواص خوردگی وجود ندارد، با این حال ترکیب شیمیایی و مقدار این عنصر در آلیاژ می‌تواند رفتار خوردگی را تحت تاثیر قرار دهد. در مورد زیست سازگاری گادولینیم نیز بررسی‌ها حاکی از این است که این عنصر موجب نارسایی‌های کلیوی و آسیب‌های کبدی می‌شود [۲۲ و ۲۷].

#### ۱۵-۲ لاتانیم

در مقایسه با سایر عناصر خاکی کمیاب، لاتانیم حلالیت نسبتاً کمتری در منیزیم دارد. این عنصر در آلیاژهای AZ با آلومینیم واکنش داده و فازهای میله‌ای شکل ایجاد می‌کند که از این طریق باعث اصلاح اندازه دانه می‌شود. وجود این عنصر موجب افزایش استحکام کششی و خواص خزشی در آلیاژهای دوتایی Mg-La شده و در صورت افزودن بیش از حد باعث کاهش درصد ازدیاد طول می‌گردد. همچنین تشکیل فازهای Al-La در آلیاژ Mg-Al-La موجب کاهش فاصله بازوهای دندریت شده و استحکام تسلیم و استحکام بخشی تحت پیرسازی را تا حدی تقویت می‌کند. افزودن ۱ درصد وزنی از این عنصر به آلیاژ Mg-La موجب اصلاح اندازه فازهای  $Mg_{17}La_2$  به یک ساختار ریزتر شده و خوردگی یکنواخت را سبب می‌شود. از طرفی اکسیدهای لاتان با  $Mg(OH)_2$  ترکیب شده و مقاومت به خوردگی را بهبود می‌بخشد. مطالعه‌ی زیست سازگاری این عنصر سمی بودن آن را برای بدن موجودات نشان داده است، بطوریکه موجب اختلال در یادگیری و آسیب به سیستم‌های انتقال دهنده عصبی می‌شود [۲۲ و ۲۷].

#### ۱۶-۲ نئودیمیم

گزارش شده است که هر چه مقدار عنصر نئودیمیم در آلیاژهای منیزیم افزایش یابد، اصلاح اندازه دانه بیشتری را خواهیم داشت [۴۶]. در واقع اتم‌های Nd می‌توانند با اتم‌های Mg جایگزین شوند و هنگامیکه مقدار عنصر نئودیمیم کمتر از ۶ درصد وزنی باشد، استحکام کششی و استحکام تسلیم را افزایش می‌دهد. این در حالی است که اگر مقدار این عنصر بیش از حد تجاوز کند، مقاومت به خزش و درصد ازدیاد طول را کاهش می‌دهد. افزودن نئودیمیم به منیزیم خالص به صورت موثری مقاومت خوردگی را از طریق رفع اثر گالوانیک فاز  $Mg_{12}Nd$  افزایش می‌دهد. همچنین لایه  $Nd_2O_3$  با  $Mg(OH)_2$  می‌تواند ترکیب شده و به عنوان یک لایه محافظ در برابر خوردگی عمل کند. بررسی‌های کلینیکی سمیت این عنصر را به این صورت گزارش کرده‌اند که قرار گرفتن در معرض آن افسردگی و مرگ را به دنبال داشته و نیز موجب آسیب‌های قلبی عروقی و فلج تنفسی می‌شود [۲۲ و ۲۷]. از طرفی حضور این عنصر سختی و تافنس شکست را در آلیاژ AZ-Nd نسبت به آلیاژ AZ91 بهبود می‌بخشد [۴۶]. این در حالی است که بررسی‌های انجام شده نشان داده که افزودن این عنصر به آلیاژهای دوتایی Mg-8Li موجب تقویت خواص مکانیکی و خواص خزشی نمی‌شود. در حقیقت

اگر نئودیمیم در ترکیب  $Mg_3Nd$  وجود داشته باشد، موجب افزایش خواص یاد شده می‌شود، اما در عمل افزودن نئودیمیم مقدار فاز  $\alpha$ -Mg را کاهش می‌دهد که تضعیف خواص مکانیکی و خزشی را به همراه دارد. با این وجود، افزودن این عنصر می‌تواند درجه حرارت تبلور مجدد را در آلیاژ Mg-Li افزایش داده و سبب سختی آلیاژ مذکور توسط پیرسازی می‌شود. نئودیمیم در آلیاژهای Mg-Li-Al نیز به صورت  $Al_2Nd$  وجود دارد [۳۰].

#### ۱۷-۲ اربیم

اربیم مانند سایر عناصر کمیاب خاکی حلالیت کمی را در منیزیم دارد و باعث ایجاد فاز Mg-Er در آلیاژ دوتایی با منیزیم می‌شود. هنگامی که این عنصر به آلیاژهای Mg-Al افزوده شود، فازهای Al-Er را ایجاد می‌کند که موجب اصلاح قابل توجه در اندازه دانه برای آلیاژهای ZK می‌گردد. گزارش شده است که با افزایش مقدار اربیم در منیزیم خالص، استحکام کششی و استحکام تسلیم افزایش می‌یابند. هم چنین حضور این عنصر موجب کاهش درصد ازدیاد طول در آلیاژهای Mg-Er می‌شود. اربیم مقاومت به خوردگی آلیاژهای AZ را نیز بهبود می‌بخشد. سمیت اربیم گاه کم و گاه بسیار زیاد گزارش شده است [۲۲ و ۲۷].

#### ۱۸-۲ سریم

سریم اصلاح کننده بسیار عالی اندازه دانه در منیزیم خالص و آلیاژهای AZ است. فاز Al-Ce ایجاد شده در آلیاژهای حاوی Al در امتداد مرزها توزیع می‌شود و چنانچه مقدار سریم بیش از حد باشد، باعث شکل‌گیری فازهای ترد و شکننده Mg-Ce در امتداد مرز دانه‌ها شده و خواص مکانیکی را به شدت تضعیف می‌کند. افزایش استحکام کششی نهایی و استحکام کشش در آلیاژ دوتایی Mg-Ce که حاوی مقادیر کمتر از ۶ درصد وزنی سریم است، گزارش شده است. همچنین اگر با افزایش مقدار سریم بعد از عملیات حرارتی T6 استحکام تسلیم ثابت بماند و استحکام کششی کاهش یابد، افزودن بیش از حد سریم درصد ازدیاد طول و خواص خزشی آلیاژ را تضعیف می‌کند. افزودن سریم موجب تشکیل فازهای  $Al_{11}Ce$  در اطراف زمینه منیزیم در آلیاژ AZ شده که همین امر موجب تعدیل تاثیرات گالوانیکی و در نتیجه بهبود مقاومت به خوردگی می‌شود. با این حال مشاهده شده است که با افزایش مقدار سریم در آلیاژهای دوتایی Mg-Ce، مقاومت به خوردگی کاهش می‌یابد. مطالعات بالینی تاثیر سریم را ایجاد اختلال در مغز، ریه‌ها، کبد و کلیه موشها و نیز در صورت بالا بودن مقدار آن، آسیب به DNA گزارش کرده‌اند [۲۲ و ۲۷].

#### مراجع و منابع:

- [1] M. Pakshir, R. Madhat, KH. Morshed behbahani, "Investigation and comparison of corrosion behavior of cast AZ91 magnesium alloy and deformed by simple shear extrusion method," Journal of Advanced Processes in Materials Engineering, Vol. 9, No. 2, pp. 1-8, 2015. (in persian فارسی)
- [2] H. E. Fridrich & Barry L. M.. "Magnesium TechNology:

- [14] S. G. Lee, J. J. Jeon, K. C. Park, Y. H. Park, and I. M. Park, "The effects of alloying elements on microstructure and properties of gravity casting Mg – Sn – Al – Si alloy," *Mater. Chem. Phys.*, Vol. 128, No. 1–2, pp. 208–213, 2011.
- [15] S. Zhang, X. Zhang, C. Zhao, J. Li, Y. Song, and C. Xie, "Acta Biomaterialia Research on an Mg – Zn alloy as a degradable biomaterial," *Acta Biomater.*, Vol. 6, No. 2, pp. 626–640, 2010.
- [16] Z. Xu, C. Smith, S. Chen, and J. Sankar, "Development and microstructural characterizations of Mg – Zn – Ca alloys for biomedical applications," *Mater. Sci. Eng. B*, Vol. 176, No. 20, pp. 1660–1665, 2011.
- [17] hermawan, Hendra, "Biodegradable metals: from concept to applications. 2012.
- [18] H. Jafari, F. Rahimi, and Z. Sheikhsofla, "In vitro corrosion behavior of Mg-5Zn alloy containing low Y contents," *Materials and Corrosion*, Vol 67, No. 4, pp. 396–405, 2016.
- [19] N. Li and Y. Zheng, "Novel Magnesium Alloys Developed for Biomedical Application : A Review," *J. Mater. Sci. Technol.*, Vol. 29, No. 6, pp. 489–502, 2013.
- [20] S. Eslami, M. Hasbullah, and H. Jafari, "Effect of forging process on microstructure , mechanical and corrosion properties of biodegradable Mg – 1Ca alloy," *Mater. Des.*, Vol. 32, No. 5, pp. 2596–2603, 2011.
- [21] Z. Li, X. Gu, S. Lou, and Y. Zheng, "The development of binary Mg-Ca alloys for use as biodegradable materials within bone," *Biomaterials*, Vol. 29, No. 10, pp. 1329–1344, 2008.
- [22] Y. Ding, C. Wen, P. Hodgson, and Y. Li, "Effects of alloying elements on the corrosion behavior and biocompatibility of biodegradable magnesium alloys: A review," *J. Mater. Chem. B*, Vol. 2, No. 14, pp. 1912–1933, 2014.
- [23] M. Phil, "Mg / Hydroxyapatite composites for potential bio-medical applications Zibiao Li Thesis submitted for the degree of, BCAST, " Brunel University, 2010.
- [24] J. Yang, J. Peng, M. Li, E. A. Nyberg, and M. Li, "Effects of Ca Addition on the Mechanical Properties and Corrosion Behavior of ZM21 Wrought Alloys," *Acta Metall. Sin. (English Lett.)*, Vol. 30, No. 1, pp. 53–65, 2017.
- [25] F. D. Mohammadi, H. Jafari, "Effect of calcium on the corrosion behavior of the biodegradable alloy Mg-5Zn-1Y," *Journal of Advances Processes in Materials Engineering*, vol. 11, no. 4, pp. 133–142, 1396 (in persian).
- [26] R. Zeng, W. Qi, H. Cui, F. Zhang, S. Li, and E. Han, "In vitro corrosion of as-extruded Mg – Ca alloys — The influence Metallurgy, design data, applications", Springer, ISBN: 978-3-540-20599-9, 2006.
- [3] A. Seyfoori, Sh. Mir damadi, A. Khavandi, M. Yazdani, " Investigation of degradation behavior and repair of silicate coating on AZ31 magnesium alloy by micro-spark oxidation method, " *Journal of Advances Processes in Materials Engineering*, Vol. 7, No. 3, pp. 39-48, 2013. (in Persian فارسی)
- [4] M. P. Staiger, A. M. Pietak, J. Huadmai, and G. Dias, "Magnesium and its alloys as orthopedic biomaterials : A review, " vol. 27, pp. 1728–1734, 2006.
- [5] D. Persaud-Sharma and A. McGoron, "Biodegradable Magnesium Alloys: A Review of Material, " *Journal of Biomedics Biomaterials and Tissue Engineering*, Vol 12, pp 25-39
- [6] H. S. Brar, M. O. Platt, M. Sarntinoranont, P. I. Martin, and M. V Manuel, "Magnesium as a Biodegradable and Bioabsorbable Material for Medical Implants, " *Jom*, Vol. 61, No. 9 pp. 31–34.2009.
- [7] G. Eddy, J. Poinern, S. Brundavanam, and D. Fawcett, "Biomedical Magnesium Alloys : A Review of Material Properties , Surface Modifications and Potential as a Biodegradable Orthopaedic Implant, " *American Journal of Biomedical Engineering* Vol. 2, No. 6, pp. 218–240, 2012.
- [8] N. Nassif and I. Ghayad, "Corrosion Protection and Surface Treatment of Magnesium Alloys Used for Orthopedic Applications, " *Advances in Materials Science and Engineering*, Vol. 2013, 2013.
- [9] M. H. Idris, H. Jafari, S. E. Harandi, M. Mirshahi, and S. Koleyni, "Characteristics of As-Cast and Forged Biodegradable Mg-Ca Binary Alloy Immersed in Kokubo Simulated Body Fluid, " *Trans Tech Publications* Vol. 445, pp. 301–306, 2012.
- [10] D. Der Ingenieurwissenschaften, "Influence of alloying elements on the microstructure and mechanical properties of extruded Mg-Zn based alloys, " *Technischen Universit, Germany* 2010.
- [11] A. Myrissa et al., "In vitro and in vivo comparison of binary Mg alloys and pure Mg," *Mater. Sci. Eng. C*, Vol. 61, pp. 865-874, 2016.
- [12] K. Yu et al., "Acta Biomaterialia In vitro corrosion behavior and in vivo biodegradation of biomedical b -Ca 3 ( PO 4 ) 2 / Mg – Zn composites," *Acta Biomater.*, Vol. 8, No. 7, pp. 2845–2855, 2012.
- [13] P. Yin, N. Feng, and L. Ting, "Effects of Ca on microstructure , mechanical and corrosion properties and biocompatibility of Mg – Zn – Ca alloys," pp. 1365–1373, 2013.



- microstructure and mechanical properties of Mg-Zn-Si-based alloys," *Mater. Sci. Eng. A*, Vol. 357, No. 1–2, pp. 314–320, 2003.
- [39] E. Zhang, W. He, H. Du, and K. Yang, "Microstructure, mechanical properties and corrosion properties of Mg-Zn-Y alloys with low Zn content," *Mater. Sci. Eng. A*, Vol. 488, No. 1–2, pp. 102–111, 2008.
- [40] M. Suresh, A. Srinivasan, K. R. Ravi, U. T. S. Pillai, and B. C. Pai, "Influence of boron addition on the grain refinement and mechanical properties of AZ91 Mg alloy," *Materials Science and Engineering: A*, Vol. 525, No. 1-2, pp. 207–210, 2009.
- [41] S. Candan, M. Unal, E. Koc, Y. Turen, and E. Candan, "Effects of titanium addition on mechanical and corrosion behaviours of AZ91 magnesium alloy," *J. Alloys Compd.*, Vol. 509, No. 5, pp. 1958–1963, 2011.
- [42] Y. Turen, "Effect of Sn addition on microstructure, mechanical and casting properties of AZ91 alloy," *Mater. Des.*, Vol. 49, pp. 1009–1015, 2013.
- [43] Somekawa, Hidetoshi and Kinoshita, Akihito and Kato, Akira, "Effect of alloying elements on room temperature stretch formability in Mg alloys," *Mater. Sci. Eng. A*, Vol. 732, pp. 21-28, 2018.
- [44] N. V. R. Kumar, J. J. Blandin, M. Su, and E. Grosjean, "Effect of alloying elements on the ignition resistance of magnesium alloys," *J. Scripta materialia*, Vol. 49, No. 3, pp. 225–230, 2003.
- [45] A. Bobby, K. K. Ravikumar, U. T. S. Pillai, and B. C. Pai, "Effect of antimony and yttrium addition on the high temperature properties of AZ91 magnesium alloy," *J. Procedia Eng.*, Vol. 55, pp. 98–102, 2013.
- [46] S. Lee, S. H. Lee, and D. H. Kim, "Effect of Y, Sr, and Nd additions on the microstructure and microfracture mechanism of squeeze-cast AZ91-X magnesium alloys," *Metall. Mater. Trans. A*, Vol. 29, No. 4, pp. 1221–1235, 1998.
- of Ca concentration," *Corros. Sci.*, Vol. 96, pp. 23–31, 2015.
- [27] X. Gu and Y. Zheng, "A review on magnesium alloys as biodegradable materials," *Frontiers of Materials Science in China*, Vol. 4, No. 2, pp. 111–115, 2010
- [28] S. Paridari et al., "Effect of Calcium on Oxidation Resistance and Fluidity of Magnesium Alloy AZ91," *Founding Research Journal*, Vol. 2, No. 3, pp. 193–200, 2019. (in persian فارسی)
- [29] H. Kyu, D. Hyung, J. Youn, W. Tae, and D. Hyang, "Effects of alloying elements on microstructures and mechanical properties of wrought Mg – MM – Sn alloy," *Journal of Alloys and Compounds*, Vol. 468, No. 1-2, pp. 308–314, 2009.
- [30] Wu, RZ and Qu, ZK and Zhang, ML, "Reviews on the influences of alloying elements on the microstructure and mechanical properties of Mg–Li base alloys," *Rev. Adv. Mater. Sci.*, Vol. 24, No. 3, pp. 35-43, 2010.
- [31] M. Amirnejad, M. Rajabi, and A. Motavalli, "Effect of addition of Si on microstructure, mechanical properties, bio-corrosion and cytotoxicity of Mg – 6Al – 1Zn alloy," *Trans. Nonferrous Met. Soc. China*, Vol. 28, No. 9, pp. 1755–1762, 2018.
- [32] Z. Shi, G. Song, and A. Atrens, "Corrosion resistance of anodised single-phase Mg alloys," *Surface and Coatings Technology*, Vol. 201, No. 1-2, pp. 492–503, 2006.
- [33] S. Candan, M. Unal, M. Turkmen, E. Koc, Y. Turen, and E. Candan, "Improvement of mechanical and corrosion properties of magnesium alloy by lead addition," *Mater. Sci. Eng. A*, Vol. 501, No. 1–2, pp. 115–118, 2009.
- [34] M. R. Askaran, M. Emami, M. Malekan, "Effect of Pb on Microstructure and Mechanical Properties of AZ91 Magnesium Alloy," *Journal of new materials*, Vol. 9, No. 33, pp. 25–36, 1397 (in persian).
- [35] A. A. Naderi, J. R. Ghani, M. Malekan, M. Emami, "Effect of Sr on Microstructure and Mechanical Properties of AZ91 Magnesium Alloy," *Journal of new materials*, Vol. 8, No. 32, pp. 31–42, 1397. (in persian فارسی)
- [36] H. Zhuang, Y. Han, and A. Feng, "Preparation, mechanical properties and in vitro biodegradation of porous magnesium scaffolds," *Mater. Sci. Eng. C*, Vol. 28, No. 8, pp. 1462–1466, 2008.
- [37] Yin, Dong-song and Zhang, Er-lin and Zeng, Song-yan, "Effect of Zn on mechanical property and corrosion property of extruded Mg-Zn-Mn alloy," *Transactions of Nonferrous Metals Society of China*, Vol. 18, No. 4, pp. 763–768, 2008.
- [38] Y. Guangyin, L. Manping, D. Wenjiang, and A. Inoue, "Mi-

## گزارش IMAT 2021



توضیحات مشروحي مطرح نمودند. در ادامه آقای دکتر گلستانی فرد از انگلستان به عنوان سخنران کلیدی مقاله‌ای با عنوان «تفکر موفق در پژوهش کاربردی» ارائه کردند و پس از آن در چندین بخش مختلف به موازات سمینار در فضای مجازی ادامه یافت. در انتها و در مراسم اختتامیه نیز آقای مهندس عبد الحمید قدیمی رئیس هیئت مدیره انجمن علمی ریخته‌گران (جامعه ریخته‌گران) مواردی به شرح پیوست قرائت نمودند تا IMAT 2021 در ساعت ۱۷ چهارشنبه ۲۶ آبانماه ۱۴۰۰ خاتمه یابد.

در تاریخ ۲۵ و ۲۶ آبانماه ۱۴۰۰ سمینار IMAT 2021 پانزدهمین سمینار مشترک انجمن علمی ریخته‌گری ایران (جامعه ریخته‌گران ایران) و انجمن مهندسين متالورژی ایران بوده در دومین سال پاندمی کرونا به صورت مجازی برگزار شد. در این سمینار بیش از ۲۶۰ مقاله از دانشگاه‌های کشور و چندین سخنرانی و مقاله از کشورهای خارجی ارائه گردید.

در مراسم افتتاحیه آقای دکتر نیلی احمد آبادی ریاست هیئت مدیره انجمن مهندسين متالورژی ایران سخنرانی خود را در خصوص اهمیت نقش مهندسی متالورژی و مواد و جایگاه آن در بین علوم مهندسی با

## اخبار دانشگاه ها

● دانشکده مواد و متالورژی دانشگاه بین المللی امام خمینی  
 خمینی، در هر دو گرایش سرامیک و متالورژی در دوره‌های  
 کارشناسی و کارشناسی ارشد و همچنین دکتری دانشجو  
 می‌پذیرد. گروه آموزشی مواد و متالورژی دانشگاه بین‌المللی امام

● لیست اعضای هیئت علمی دانشگاه بین المللی امام خمینی

مشخصات	سمت
سعید باغشاهی	استاد
محمد تلافی نوغانی	دانشیار
مسعود رجبی	دانشیار
احمد رزاقیان آرانی	دانشیار
آرمان صدقی	دانشیار
محمد مسعود محبی	دانشیار
رضا تقی آبادی	دانشیار
محمدحسین شاعری	دانشیار
بهزاد جانی پور	استادیار
رضا احمدی	استادیار
مصطفی جعفرزادگان	استادیار
مرتضی ثقفی یزدی	استادیار
امیرحسین مغنیان	استادیار

● آزمایشگاه‌های دانشکده

- آزمایشگاه سرامیک شامل فرایندهای ساخت سرامیک، دیرگداز، شیشه و پرسلان
- آزمایشگاه متالورژی شامل متالوگرافی، عملیات حرارتی و انجماد
- آزمایشگاه مکانیکی شامل دستگاه‌های کشش، فشار، خمش، سختی و میکروسختی، خزش، خستگی، ضربه و سایش
- گارگاه‌های جوشکاری و ریخته‌گری و شکل دادن
- آزمایشگاه مواد پیشرفته شامل دستگاه‌های کوره CVD، کوره تیوبی ۱۷۰۰ درجه سانتیگراد، کوره‌های پخت سرامیک تا ۱۷۰۰ درجه سانتیگراد، پوشش‌دهی، آسیاب ماهواره‌ای
- دستگاه‌های اندازه‌گیری خواص مواد و آنالیز شامل XRD و SPM، U-V Spec

## ● دانشکده مواد و متالورژی دانشگاه حکیم سبزواری

پیدا کرده و هم اکنون این دانشکده دارای سه گروه آموزشی مهندسی عمران - مهندسی مکانیک و مهندسی مواد در مقاطع تحصیلی کارشناسی و کارشناسی ارشد و دکتری دانشجوی داشته و دارای تعداد ۱۰ نفر عضو هیات علمی گروه مهندسی مواد، بصورت تمام وقت مشغول به فعالیت می‌باشند

دانشکده فنی و مهندسی از سال ۱۳۷۶ در مقطع کاردانی با ظرفیت ۱۲۰ نفر دانشجو و یک عضو هیات علمی تمام وقت و چند استاد مدعو شروع به کار کرد. از آن پس به تدریج با جذب هیات علمی و راه اندازی آزمایشگاه های تخصصی و در قالب چند گروه آموزشی رشد

## ● دانشکده مواد و متالورژی دانشگاه حکیم سبزواری

مشخصات	سمت	گرایش
رسول اسمعیلی نیسیانی	استادیار	<a href="mailto:r.esmaeely@hsu.ac.ir">r.esmaeely@hsu.ac.ir</a>
احمد اله بخش	استادیار	<a href="mailto:a.allahbakhsh@hsu.ac.ir">a.allahbakhsh@hsu.ac.ir</a>
حمیدرضا اویسی	دانشیار	<a href="mailto:hamid.oveisi@hsu.ac.ir">hamid.oveisi@hsu.ac.ir</a>
محمدامین جباره	استادیار	<a href="mailto:ma.jabbare@hsu.ac.ir">ma.jabbare@hsu.ac.ir</a>
سیدعلیرضا حسینی	استادیار	<a href="mailto:sa.hosseini@hsu.ac.ir">sa.hosseini@hsu.ac.ir</a>
محمدحسن دانشی فر	استادیار	<a href="mailto:mh.daneshifar@hsu.ac.ir">mh.daneshifar@hsu.ac.ir</a>
حسین رمضانعلی زاده	استادیار	<a href="mailto:h.ramezanalizadeh@hsu.ac.ir">h.ramezanalizadeh@hsu.ac.ir</a>
غلامعلی فرزی	استاد	<a href="mailto:ghfarzi@hsu.ac.ir">ghfarzi@hsu.ac.ir</a>
مصطفی علیشاهی	استادیار	<a href="mailto:m.alishahi@hsu.ac.ir">m.alishahi@hsu.ac.ir</a>
بهمن کروجی	استادیار	<a href="mailto:koroji@hsu.ac.ir">koroji@hsu.ac.ir</a>

## ● آزمایشگاهها و کارگاه های دانشکده

- آزمایشگاه مکانیک سیالات
- آزمایشگاه آیرودینامیک و تونل باد
- آزمایشگاه انتقال حرارت
- آزمایشگاه دینامیک و ارتعاشات
- آزمایشگاه مقاومت مصالح
- آزمایشگاه خواص مکانیکی مواد
- آزمایشگاه نانو کامپوزیت
- آزمایشگاه متالوگرافی
- آزمایشگاه نانو پرس
- آزمایشگاه فن آوری های نوین بتنی
- آزمایشگاه مکانیک خاک
- کارگاه ریخته گری
- کارگاه ماشین ابزار
- کارگاه جوشکاری
- کارگاه مدلسازی



# اندازه گیری کمی کیفیت قطعات ریختگی از طریق بررسی شرایط پر شدن

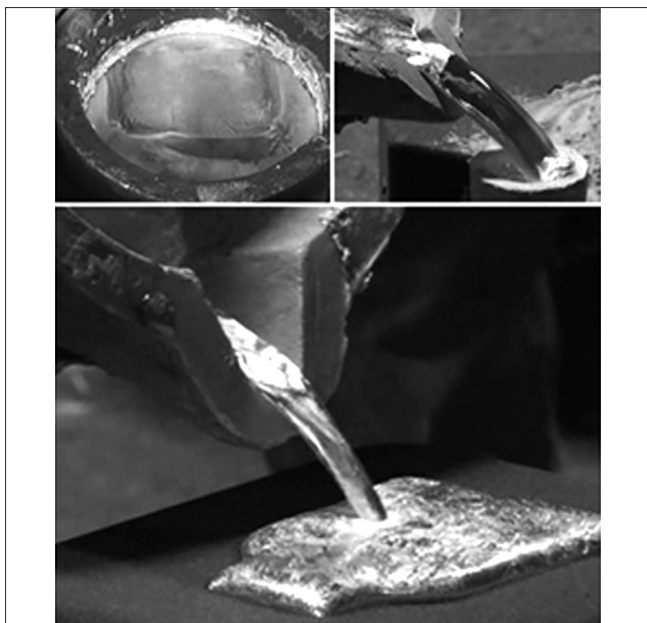
عبدالحمید قدیمی، انجمن صنفی ریخته‌گری ایران

## چکیده

بر اساس نظریه فیلم‌های دوتایی پر شدن در شرایط آشفته‌گی جریان مذاب، منجر به بروز تخلخل و کاهش کیفیت قطعات ریختگی می‌شود. اما از انجام یک آزمایش در مورد این نظریه نتایج غیرمنتظره‌ای بدست آمد.

## ۱- مقدمه

در سه دهه اخیر در ارتباط با خصوصاً آلومینیم، مسائل مربوط به عیوب ناشی از پر شدن قالب و بروز آخال‌های اکسیدی بطور گسترده‌ای در صنعت ریخته‌گری توسعه یافته است. اما به دلیل فقدان داده‌های لازم پیش‌بینی کمی، آسیب ناشی از فیلم‌های اکسیدی بر کیفیت قطعات ریختگی آلومینیم در جریان فرآیند پر شدن، به صورت نظریه باقی مانده است. برای بدست آوردن داده‌های مورد نیاز جهت پیش‌بینی عملی تخلخل و افت استحکام کششی در اثر این شرایط آزمایشی در مورد قطع و وصل شدن شرایط پر شدن با جریان آشفته به همراه حبس شدن فیلم‌های دوتایی اکسید انجام گردد. شواهد واضحی از وجود اکسید پوسته‌ای در بسیاری از فرایندهای مرتبط با جابه‌جایی مشاهده گردیده است. واکنش اکسیداسیون و تشکیل یک اکسید پوسته‌ای بر روی سطح مذاب آلومینیم تقریباً ضروری است و این پوسته می‌تواند به صورت مجتمع مشاهده شود. (شکل ۱) سوال اینجاست که آیا این اتفاق در زیر سطح مذاب نیز می‌افتد؟



شکل ۱

در حالی که سایر فیلم‌های اکسیدی ممکن است بدون ایجاد عیوب در محفظه قالب از طریق مجاری خروج هوا (Vent) و تغذیه‌ها خارج می‌شوند. حباب‌ها می‌توانند با ایجاد یک رد از اکسید مسئله ویژه‌ای بوجود آورند. این رد ممکن است یک خط شطی کوچک در محلی که حباب از آن شناور شده ایجاد کند.

## پنج نکته کلیدی

۱. شرایط آشفته در سطح مذاب می‌تواند باعث ایجاد حباب‌های شناور که در احاطه اکسید پوسته‌ای است، گردد.
۲. شرایط آشفته در سطح مذاب به نظر نمی‌رسد بر نتایج کلی آزمون کشش اثرگذار باشد.
۳. به نظر می‌رسد شرایط آشفته سطحی در مذاب بر تخلخل انقباضی موثر باشد.
۴. باقی مانده‌های اکسید پوسته‌ای لوله‌ای شکل می‌تواند موجب

## نظریه فیلم‌های دوتایی اکسید

موضوع اثبات شده این است که آشفته‌گی سطحی جریان باعث می‌شود ذراتی از اکسید فیلم درون جریان مذاب محبوس شده و پس از بریده شدن و پیچیده شدن به صورت یک ابر ترک مانند از فیلم‌های دوتایی با تعداد نامشخص در می‌آیند. این آلاینده‌گی تا موقعی که جریان سطحی مذاب آشفته است ادامه خواهد یافت. این ابری از عیوب احتمالاً به وسیله جریان مذاب انتقال و به صورت آزادانه در فرآیند پر شدن حرکت می‌کند. وزن مخصوص اکسید آلومینیم (اندکی بالاتر از آلومینیم) گفته شده که مقدار اندک هوایی که ممکن است بین فیلم‌های دوتایی تا و پیچیده شده خنثی نماید و باعث شود فیلم‌های دوتایی آلومینا به صورت خنثی شناور باشند. مقصد نهایی این فیلم‌ها می‌تواند تجمع در گرداب‌های موجود آمده درون محفظه قالب یا توقف در وسط جریان مذاب در اثر انجماد باشد

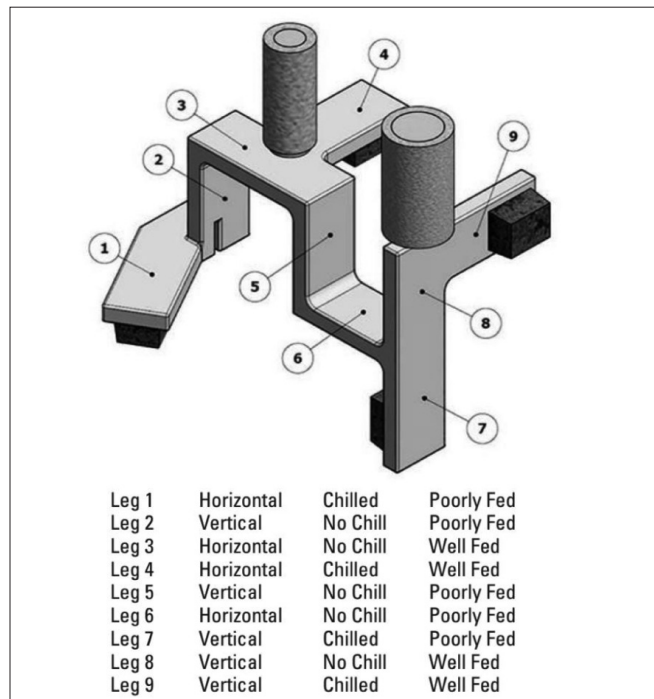


شکل ۳ و شکل ۴

ضخامت ۳۵ میلی متر بوده و تغذیه ها نیز یکی به قطر ۳۸ و دیگر به قطر ۶۳ هر دو به طول ۱۵۲ میلی متر با غلاف عایق پیش بینی شده اند. ۵ شاخه بدون میرد شامل ۳ شاخه عمودی (۲، ۵، ۸) و ۲ شاخه افقی (۳، ۶) در شکل ۲ مشخص گردیده اند.

#### ۲-۱ طراحی سیستم پر شدن

تشکیل انجماد برای سه سیستم پر شدن از کف، کنار و بالا به صورت متفاوت اعمال شد. سیستم پر شدن از کف برای ایجاد یک شرایط پر شدن آرام و حذف هر گونه آشفستگی سطحی و آسیب ناشی از آن انتخاب شد. فرمان پر شدن ۲۵ ثانیه در محاسبات سیستم راه گاهی در نظر گرفته شد. یک حوضچه بارریز با استوپر سرامیکی و راه گاه بارریز های بولیک (دارای انحنای طراحی گردید. راه گاه ها باعث ایجاد یک زاویه ۹۰ درجه انتقال در کف و ورودی به راهبار شده و سپس به دو شاخه منشعب شده و به دو راهبار گردابی متصل گردیده است. این نوع سیستم راه گاهی شبیه سیستم های پر شدن فشاری است و موجب پر شدن راهبار از مذاب بدون ایجاد آشفستگی سطحی در جبهه مذاب می گردد. در این سیستم راه گاهی مذاب با سرعتی بالای ۰/۵ متر بر ثانیه حرکت کرده ولی با اثر کشش ثقلی و حفظ



شکل ۲

بوجود آمدن خطوط درزهای بهم نچسبیده شده که خصوصیات کششی را کاهش خواهد داد.  
 ۵. موج برگشتی می تواند باعث ایجاد درزهایی از اکسید فیلم با ظاهری غیر دلخواه بر روی سطوح در تای رویی قالب گردد.  
 ۶. تحقیق حاضر برای اندازه گیری کمی کیفیت قطعات ریختگی در اثر شرایط پر شدن قالب با مشارکت Carley Foundry Tnc, Eck Industry Ick شرکت Morris Bean و دانشگاه های آیوا شمالی، ویسکانسین، پلاتویل، آلاباما در بیرمنگام با مشارکت سرمایه ای AFS انجام گردیده است. نمونه های ریختگی تحت آزمایشات بسیاری مانند رادیوگرافی، کشش و به دنبال آن شکست نگاری سطحی قرار گرفتند.

#### ۲-۲ روش آزمایش

نمونه ریختگی از ۹ شاخه خمیده (مطابق شکل ۲) با ۳ سیستم راهگاهی مختلف طراحی گردید تا سیستم های پرشونده برای ایجاد شرایط مختلف جریان مذاب از آرام تا آشفته در درون قطعه ریختگی عمل کنند. وزن نمونه های ریختگی بدون سیستم راه گاهی ۲/۵ کیلوگرم بوده به طوری که هر شاخه مانند به عرض ۸۲/۵ و طول ۱۵۲ و ضخامت ۲۵ میلی متر بوده است. از هر شاخه سه نمونه کشش قابل برداشت است و خمیدگی بین هر شاخه در ارتباط با هر یک از سیستم های پر شدن به نحوی عمل می کند که درون نمونه های ریختگی شرایط متفاوت جریان مذاب بوجود آید.

سیستم انجماد به نحوی طراحی شده که یک دامنه وسیع از شرایط انتقال حرارت و مذاب رسانی در ۹ شاخه ایجاد شود. شاخه افقی ۱ و ۴ تحت میرد از زیر و شاخه های عمودی ۷ و ۹ تحت تبرید از کنار شاخه ۱ و ۷ دور از تغذیه ها و شاخه های ۷ و ۹ نزدیک به تغذیه ها قرار گرفته اند. میردها از جنس چدن با عرض ۵۰، طول ۷ و

ریخته‌گری

## جدول ۱

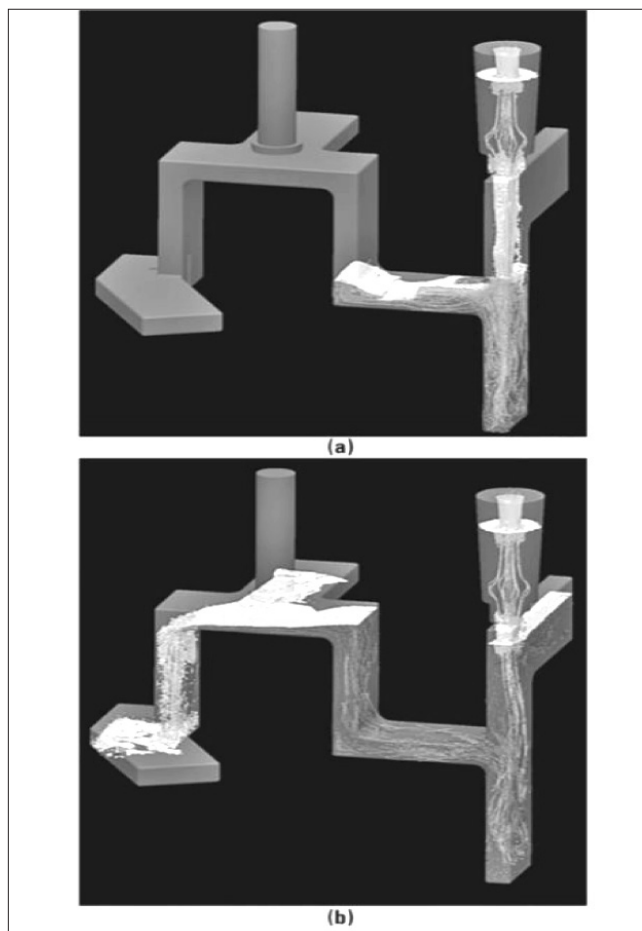
Table 1. Composition (wt%), Temperature and Fill Times							
C355	Si	Fe	Cu	Mn	Mg	Zn	Ti
A-A Standard	4.5-5.5	0.2	1.0-1.50	0.1	.40-60	0.1	0.2
ALCAN C355 ingot	5.00	0.06	1.30	0.00	0.60	<0.01	0.10
Post-pour spectro	5.132	0.07	1.313	0.009	0.510	0.005	0.152
Holding Temp	1380F 748.9C		23s 27s 18s				BF fill time SF fill time TF fill time
Table 2. Composition (wt%), Temperature and Fill Times							
A356-1	Si	Fe	Cu	Mn	Mg	Zn	Ti
A-A Standard	6.5-7.5	0.2	0.2	0.1	.25-45	0.10	0.2
Post-pour spectro	7.180	0.093	0.013	0.004	0.368		0.134
Holding Temp	1376F 746.7C		27s 28s 15s				BF fill time SF fill time TF fill time
Table 3. Composition (wt%), Temperature and Fill Times							
E357	Si	Fe	Cu	Mn	Mg	Zn	Ti
A-A Standard	6.5-7.5	0.07	-	0.10	.60-70	-	.10-.20
Trialco E357.2 ingot	7.36	0.050	0.00	0.00	0.61	0.01	0.12
Post-pour spectro	7.38	0.056	0.021	0.004	0.576	0.018	0.136
Holding Temp	1383F 750.6C		25s 24s 11s				BF fill time SF fill time TF fill time
Table 4. Composition (wt%), Temperature and Fill Times							
A206-1	Si	Fe	Cu	Mn	Mg	Zn	Ti
A-A Standard	0.05	0.1	4.2-5.0	.20-.35	.15-.35	0.10	.15-.30
Trialco A206.2 ingot	0.023	0.030	4.64	0.34	0.29	0.01	0.19
Post-pour spectro	0.039	0.041	4.78	0.348	0.245	0.017	0.228
Holding Temp	1376F 746.7C		25s 23s 10s				BF fill time SF fill time TF fill time
Table 5. Composition (wt%), Temperature and Fill Times							
A206-2	Si	Fe	Cu	Mn	Mg	Zn	Ti
A-A Standard	0.05	0.1	4.2-5.0	.20-.35	.15-.35	0.1	.15-.30
Trialco A206.2 ingot	0.020	0.030	4.800	0.380	0.320	0.010	0.180
Post-pour spectro	0.025	0.050	4.518	0.384	0.267	0.014	0.207
Holding Temp	1380F 748.9C		25s 25s 14s				BF fill time SF fill time TF fill time

و تا شدن لایه سطحی بر روی جریان ورودی می گردد. (شکل ۵a) با رسیدن مذاب به بالای شاخه ۵ قبل از ریختن درون شاخه ۲ و حرکت با سرعت در کف شاخه ۱ از میان شاخه ۳ و ۴ عبور می کند. (شکل ۵b). بدین ترتیب سطح مذاب تحت زاویه ای درون شاخه ۱ می چرخد و به دنبال آن یک موج برگشت از مذاب به انتهای استوانه می رسد. با پر شدن شاخه های ۱ و ۲ یک موج برگشت نهایی در شاخه ۳ بوجود می آید. در جریان پر شدن گرداب های قابل توجهی در شاخه های ۱ و ۴ و ۷ و ۹ ایجاد می شود. گرداب ها قابلیت جمع شدن فیلم های دوتایی ناشی از شرایط پر شدن را بوجود می آورد و مبردها نیز نشان خواهند داد آیا سرعت های سریع سرد شدن مانع تا شدن فیلم های دوتایی خواهد شد.

### ۳- نتایج

#### ۳-۱- آلیاژ C۳۵۵

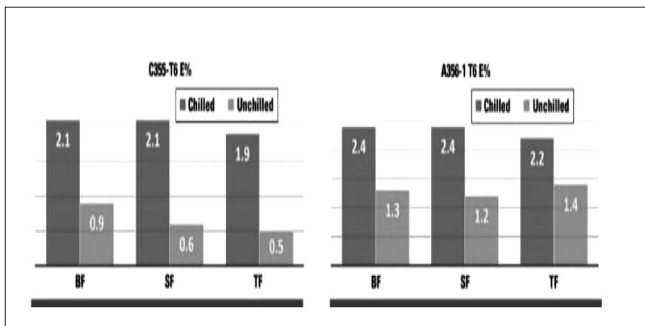
در جدول ۱ ترکیب شیمیایی استاندارد، مذاب آزمایشی، درجه حرارت بارریزی و زمان های پر شدن برای هریک از ذوب های C۳۵۵ ارائه شده است. (شکل ۶) عیوب مشخص شده بوسیله رادیوگرافی برای هر نمونه استوانه ای با سیستم های مختلف پر شدن را نشان می دهد. در آلیاژ C۳۵۵ با سیستم پر شدن از کف، استوانه های ۲B، ۲C، ۳B، ۳C دارای مقادیر قابل توجهی عیوب انقباضی است. تمامی نمونه های استوانه ای ۸B دارای یک مقدار اندک مک های گازی نیز می باشند. در سیستم پر شدن از کنار نمونه های استوانه ای ۲B، ۵B، ۵C، ۸C از آلیاژ C۳۵۵ دارای انقباض و در نمونه های VB



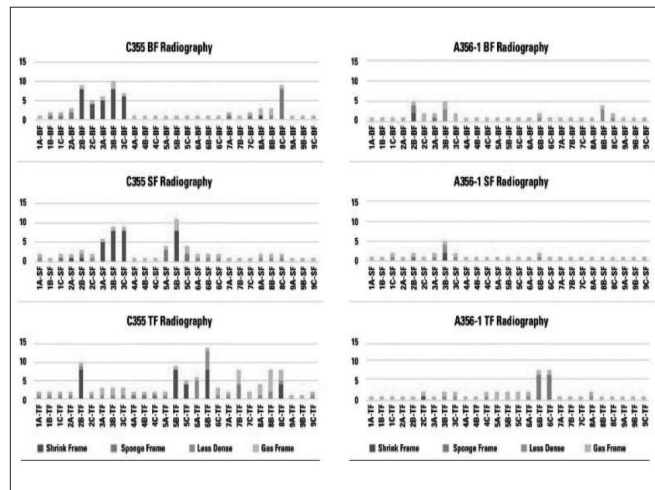
شکل ۵

شکل طبیعی مذاب، از بروز آشفته گی سطحی جلوگیری می شود و مذاب به وسیله یک ورودی پلکانی تماسی آرام گرفته و با سرعتی ایمن قالب را میکند. بدین ترتیب مذاب به حالت گردابی در زیر فیلتر قبل از انتقال بالا به داخل راهباره استوانه و عمودی در می آید. شبیه سازی جریان مذاب تایید نمود که شرایط پر شدن آرام تامین گردیده است. (شکل ۳)

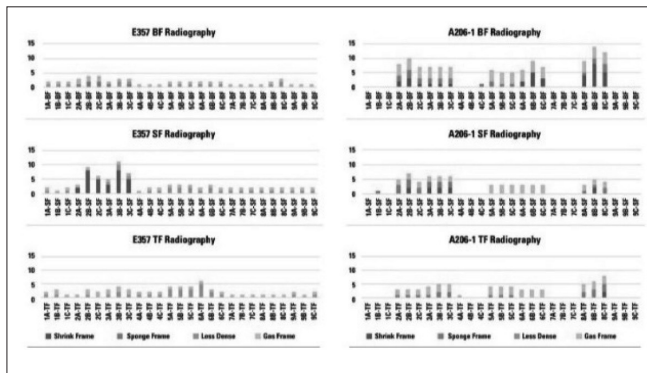
۱ و ۴ هیچ آشفته گی جریان مذاب بوجود نیامد هر چند جریان مذاب در شاخه های ۵ و ۷ سرعت بالایی داشت (شکل ۴). این ریختن دابل مذاب موجب آشفته گی سطحی و احتمال آسب ناشی از پر شدن در این شاخه ها و شاخه های پایین دستی ۸ و ۹ قابل اجرا خواهد شد. زمان پر شدن برای محاسبه این سیستم راه گاهی ۲۴ ثانیه در نظر گرفته شده است و حوضچه بارریز دارای سیستم قطع و وصل بوسیله استوپر سرامیکی است. یک فیلتر سرامیکی با منافذ PPI ۲۰ حوضچه پایین را از راهباره جدا می کند. این نوع سیستم راه گاهی به طور تجربی سیستم راه گاهی افقی نامیده می شود. و به روش های معمول ریخته گری استفاده می شود. سیستم راه گاهی از بالا تمامی پیشنهادات عملی در مورد نظریه فیلم های دوتایی را با ایجاد یک آشفته گی سطحی از طریق ریزش مذاب به چالش میکشد. مذاب یک سقوط ۳۳۰ میلی متری قبل از رسیدن به کف شاخه ۷ از طریق شاخه ۸ خواهد داشت. با ورود سیل گونه به داخل شاخه ۶ یک موج برگشت بوجود می آید که موجب آشفته گی



شکل ۹ و ۷



شکل ۸ و ۶



شکل ۱۰ و ۱۲

داشته در حالی کخ در نمونه بدون مبرد بارریزی شده از بالا میزان ازدیاد طول نسبی اندکی ارتقائ یافته است.

### ۳-۳- آلیاژ E357

جدول ۳ ترکیب شیمیایی آلیاژ استاندارد، آلیاژ مورد آزمایش، درجه حرارت ذوب و زمان های پرشدن برای هر بارریزی را نشان می دهد. در شکل ۱۰ نیز نتایج رادیوگرافی عیوب برای هر نمونه با سیستم های مختلف بارریزی ارائه شده است. در آلیاژ E357 با سیستم بارریزی از کف بسیاری از نمونه ها از جمله ۱A, ۱B, ۱C, ۲A, ۲C, ۳A, ۳B, ۳C, ۳A, ۳B, ۳C, ۴A, ۴B, ۴C, ۵A, ۵B, ۵C, ۶A, ۶B, ۶C, ۷A, ۷B, ۷C, ۸A, ۸B, ۸C دارای اندکی ذرات خارجی و عیوب تخلخل اسفنجی بودند. تمامی نمونه ها دارای مقدار اندکی گاز نیز بودند. نمونه های آلیاژ E357 بارریزی شده از کنار حاوی انقباضات قابل توجهی در نمونه های ۲A, ۲B, ۲C, ۳A, ۳B, ۳C, ۴A, ۴B, ۴C, ۵A, ۵B, ۵C, ۶A, ۶B, ۶C, ۷A, ۷B, ۷C, ۸A, ۸B, ۸C بیشتر نمونه ها بوده است. در نمونه های ۵A, ۵B, ۵C آلیاژ E357 با سیستم بارریزی از بالا مقادیر قابل توجهی ذرات خارجی با وزن مخصوص کمتر و مقادیر اندکی در نمونه های ۱A, ۱B, ۱C, ۲A, ۲B, ۲C, ۳A, ۳B, ۳C, ۴A, ۴B, ۴C, ۵A, ۵B, ۵C مشاهده گردید. تصویر جانبی این نمونه ها نشان داد که این عیوب محدود به سطوح تای رویی است و سازگار با عیوب ناشی از پرشدن می باشد.

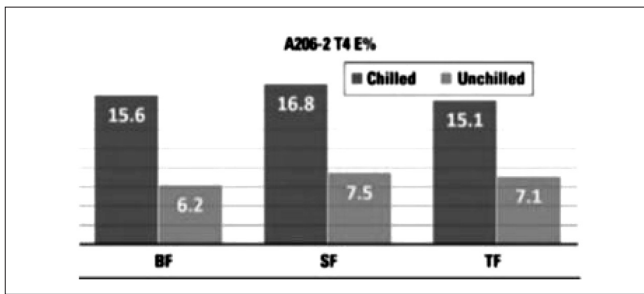
شکل ۱۱ مقادیر متوسط ازدیاد طول نسبی نمونه های آلیاژ A356-176 با مبرد و بدون مبرد با سیستم های مختلف بارریزی را نشان می دهد. ملاحظه می شود در نمونه های مبرد دار با بارریزی از بالا و از کنار درصد ازدیاد طول نسبی در مقایسه با سیستم بارریزی از کف اندکی بالاتر است. در حالی که در نمونه های بدون مبرد تفاوت چشمگیری مشاهده نمی شود.

مقداری عیوب اسفنجی شکل وجود دارد. سیستم پر شدن از بالا برای آلیاژ C355 نشان از انقباض اسفنجی داشته است. نکته حائز اهمیت این است که بسیاری از نمونه های استوانه ای آلیاژ C355 حاوی ذرات ناشناس با وزن مخصوص کمتر است. نمای جانبی این نمونه ها نشان داد که این عیب محدود سطوح تای رویی و در ارتباط با صدمات ناشی از پرشدن بوده است. در شکل ۷ مقادیر میانگین ازدیاد طول نسبی آلیاژ C355-16 در استوانه های با مبرد و بدون مبرد در سیستم های مختلف بارریزی ارائه شده است. در سیستم بارریزی از بالا متوسط درصد ازدیاد طول نسبی نمونه های با مبرد و بدون مبرد نسبت به سیستم های بارریزی از کنار و کف اندکی پایین تر بوده است.

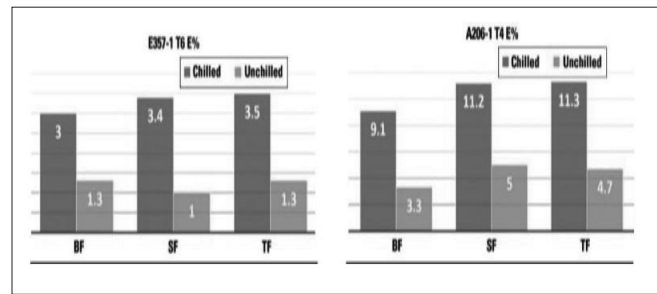
### ۳-۲- آلیاژ A356-1

شکل های ۱۰ ترکیب شیمیایی ذوب آزمایشی، آلیاژ استاندارد، درجه حرارت ذوب و زمان پر شدن را برای هر بارریزی نشان می دهد. در شکل ۸ نیز نتایج رادیوگرافی عیوب در نمونه های استوانه ای با سیستم های مختلف بارریزی ارائه شده است. در سیستم های بارریزی از کف نمونه های استوانه ای ۲B, ۳B, ۸B آلیاژ A356 دارای یک مخلوطی از عیوب کوچک بودند و در نمونه های مقادیر اندکی از مواد خارجی با وزن مخصوص کمتر مشاهده گردید. هرچند که تمامی نمونه ها دارای مقدار اندکی گاز بوده اند. در سیستم پر شدن جانبی آلیاژ ۲B, ۳B, ۸B نمونه دارای عیوب انقباضی بوده ولی در نمونه های ۱C, ۳A, ۳B, ۶B عیوب ناچیزی مشاهده شد. با سیستم پر شدن از بالا در نمونه استوانه ای آلیاژ ۲C, ۳C, ۴C انقباضی اندک، انقباض اسفنجی در نمونه های ۶B, ۶C و عیوب اندک در ۲C, ۳B, ۳C, ۴C بوجود آمده است. اما در بیشتر نمونه با سیستم بارریزی از بالا ذرات خارجی با وزن مخصوص کمتر مشاهده گردید. تصویر جانبی نمونه ها نشان داد این عیب محدود به سطح تای رویی و سازگار با صدمات مرتبط با پر شدن بوده است. در شکل ۹ مقادیر متوسط ازدیاد طول نسبی نمونه های با مبرد و بدون مبرد آلیاژ A356-176 با سیستم های مختلف بارریزی ارائه شده است. نمونه ای بارریزی از بالایدر مقایسه با بارریزی از کنار و کف ازدیاد طول نسبی اندکی کمتر





شکل ۱۴



شکل ۱۱ و ۱۳

مشهود بوده است. همچنین آلیاژ A206-1 با سیستم بارریز از کف نسبت به دو سیستم دیگر بارریزی خصوصیات کششی پایین تری داشت.

#### ۵- مطالعه شکست و سطح خام

در دانشگاه آلاباما (UAB) روش های مختلف متالوگرافی سطوح و ریختگی و سطوح شکست مورد مطالعه قرار گرفت. بر روی سطوح ریختگی، تخلخل های دندریتی و حداقل یک شکست نمونه کشش فیلم اکسید مشاهده شد. خلاصه این بررسی های آماری در کنفرانس الومینیم AFS در سال ۲۰۱۸ ارائه شده است و نتیجه گیری گردید:

- آشفته گی جریان مذاب هیچ اثر چشمگیری بر خصوصیات کشش آلیاژهای C۳۵۶, A۳۵۶, E۳۵۷, A۲۰۶ ندارد.
- آلیاژهای سری 3XX با تغییر سیستم های راه گاهی هیچ تفاوت آماری در خصوصیات کششی نداشتند.
- آلیاژ A۲۰۶ عملاً با سیستم بارریزی از کف خصوصیات پایین تری داشت.

• ترکیبات شکننده بین فلزی Fe, Si بر روی سطوح شکست ایجاد عیب کرده و برای کاهش ازدیاد طول نسبی، UTS و اندیس کیفیت به عنوان علت اولیه هستند و نه حضور فیلم های اکسیدی در برخی از اوقات.

• تخلخل سیلیسیم و ترکیبات شکننده بین فلزی بر روی سطوح شکست نسبت به فیلم های اکسیدی تاثیر بزرگتری بر خصوصیات کششی دارند. آشفته گی جریان مذاب هیچ تاثیر اساسی بر میزان تخلخل آلیاژهای C۳۵۵, A۳۵۶, E۳۵۷, A۲۰۶ بر روی سطوح شکست ندارد.

#### ۶- مروری بر شرایط حرارتی

انتظارات اولیه چنین بود که پر شدن از کف موجب کاهش تخلخل (انقباض های میکرو و ماکرو) و ارتقای خصوصیات کششی خصوصاً ازدیاد طول نسبی می شود. اما به دنبال نتایج غیر منتظره از شبیه سازی برای یافتن توجیه احتمالی استفاده، اولین دلیل در مورد پروفیل حرارتی نامناسب در سیستم بارریزی از کف و سرد تر شدن مرکز تغذیه نسبت به سیستم های پر شدن از کنار و از بالا است. این امر موجب بروز یک شیب حرارتی سطحی و کم عمق شده و موجب افزایش تخلخل و پایین آمدن خصوصیات کششی می شود. در شکل ۱۵ ناحیه قرمز دارای یک شیب حرارتی سطحی و کم عمق بوده نقاط

#### ۳-۴- آلیاژ A206-1

جدول ۴ نشان می دهد ترکیب شیمیایی آلیاژ استاندارد، آلیاژ مورد آزمایش، درجه حرارت مذاب و زمان های پر شده در هر بارریزی است. در شکل ۱۲ نیز عیوب رادیوگرافی برای هر نمونه استوانه ای با سیستم های مختلف بارریزی ارائه شده است. در سیستم بارریزی از کف بسیاری از نمونه ها دارای مخلوطی از عیوب انقباضی، انقباض اسفنجی و عیوب گرد گازی بوده اند. البته نمونه های مبردار از شاخه های ۱۰۴،۷ تقریباً بدون عیب هستند. همچنین در هیچ یک از نمونه ها در تمامی سیستم های بارریزی ذرات خارجی با وزن مخصوص کمتر مشاهده نشد.

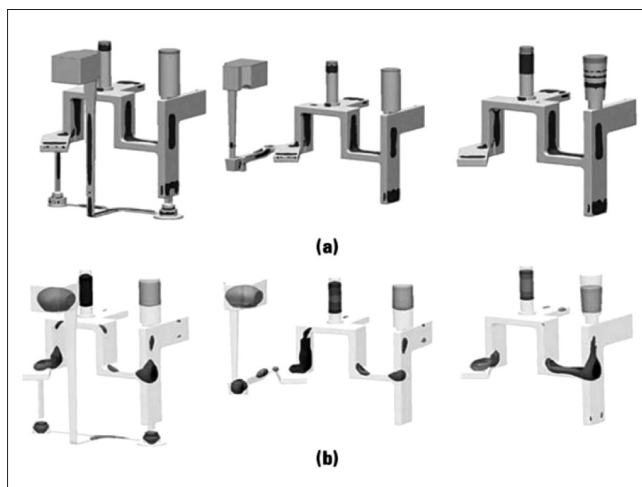
#### ۴- بررسی های تکمیلی

سری نمونه های A356-2 برای رادیوگرافی به صورت استوانه ای بریده شدند و به صورت نمونه های کشش ماشینکاری شدند. سطوح در تای رویی در سیستم بارریزی از بالا مورد توجه قرار گرفت زیرا دارای حفراتی مانند سایر نمونه ها بودند. سری A356-3 پس از رادیوگرافی دیجیتال و مشخص شدن عیوب زیر سطحی در سایر نمونه های بارریزی شده از بالا، تحت CT اسکن سطحی قرار گرفتند. CT اسکن های سطحی همراه با x-ray (YXLON) به وضوح عیوب زیر پوستی که درست زیر سطح سیستم بارریز از بالاست، نشان می دهد. با این روش طبیعت شناور بودن عیب بوجود آمده در شرایط پر شدن با جریان آشفته تایید می شود. اما در مقایسه سیستم های کف ریز و پر شدن از کنار تقریباً عاری از عیوب زیر پوستی هستند. (مقاله کامل این تحقیق در AFS2020-051 قابل مشاهده است). در نمونه های بارریزی شده با سیستم های سرریز و پر شدن نسبت به بارریزی از کف عملکرد بهتری دارند. سری A206-2 عملیات حرارتی شده در شرایط T4 مشابه A356-1, A206-1 3 نتایج ازدیاد طول نسبی نمونه های بارریزی شده از بالا و از کنار برخلاف انتظار از نمونه های بارریزی شده از کف بالاتر است. (شکل ۱۴). آنالیز آماری نتایج کشش از اولین ۴ سری الیاژ در دانشگاه آلاباما در بیرمنگام بوسیله روش ANOVA (آنالیز واریانس) انجام شد و ابتدا مقایسه بین شش نمونه A, B از هر شاخه صورت گرفت. این نتایج سپس درون آلیاژ بر مبنای مبرد دار بودن و بدون مبرد بودن و همچنین سیستم های پر شدن مقایسه شد و هیچ تفاوت چشمگیر آماری در بین سه سیستم پر شدن مشاهده نشد. ولی تاثیر مبرد قابل توجه بود که این موضوع در نمونه های E356, C356

جستجو برای تولید قطعات ریختگی با کیفیت و متعادل کردن مسائل پر شدن قالب با شرایط انجماد برای ریخته گری ها مطرح می نماید.

منبع

"Modern Casting", june2020



شکل ۱۵

داغ قابل تشخیص هستند. این تفاوت دقیق در تشریح انجماد، تفاوت در تخلخل ها و ازدیاد طول نسبی را تشریح می نماید.

#### ۷- نتیجه گیری

برخلاف نظریه فیلم های دوتایی اکسید، تخلخل کلی و کیفیت کششی نمونه های ریخته گری با سیستم بارریزی از کف معادل و حتی اندکی کمتر نسبت به سیستم های پر شدن از کنار و از بالا هستند. انجماد جهت دار و سرعت های سرد شدن نقش مهمی در کنترل کیفیت قطعات ریختگی ایفا می کند. جریان آشفته در سیستم پرشونده از بالا نشان دهنده قابلیت ایجاد آسیب های تکرار پذیر به شکل بروز حباب ها، ترک و درزها و جریان لوله ای است. حباب های به وجود آمده در این سیستم بارریزی بسیار شناور بوده به فاصله چند میلی متر زیر سطوح تای رویی می چسبند.

طبیعت شناور بودن حباب ها نشان داد که این عیوب می تواند قرار دادن خروجی های هوا و یا ماشین کاری سطوح تای رویی حذف شوند. جریان نیمه آرام در سیستم بارریزی از کنار نشان داد که قابلیت بروز عیوب ناشی از پر شدن به اشکال خطوط جریان و جریان های لوله ای شکل وجود دارد. اما با وجود سقوط مذاب که در شاخه های ۵ و ۷ تشکیل حباب اندکی تشخیص داده شد. شاید این حباب ها از تغذیه بر روی شاخه ۸ خارج نشده اند و یا شاید جریان لوله ای شکل از تشکیل حباب جلوگیری کرده است. شرایط پر شدن آرام در سیستم بارریزی از کف نشان از قابلیت پیشگیری از تشکیل حباب، ترک و جریان لوله ای شکل است. البته این امر به قیمت معکوس شدن شیب حرارتی از طریق آوردن گرما از کف قطعه ریختگی انجام شد و این شرایط حرارتی موجب افزایش تخلخل و کاهش خصوصیات کششی گردید. بدین ترتیب هیچ شواهدی برای تایید این نظریه بدست نیامد که پر شدن با جریان آشفته قطعه ریختگی را با اکسیدهای فیلم شناور خنثی (یا نیمه خنثی) که موجب بروز تخلخل و کاهش خصوصیات کششی می شود، آلوده می کند. جریان آشفته باعث بوجود آمدن حباب های شناور اکسید پوخته ای می گردد. یافته های تحقیق حاضر، ایده های متنوعی برای تعمق در

## اخبار ایران و جهان

### ● اخبار ایران

۷۰ تا ۹۰ هزار تنی واردات انجام شود، مقرون به صرفه نخواهد بود؛ مگر اینکه تحریم‌ها و محدودیت حمل دریایی برداشته شود و آن‌گاه شاید حمل از استرالیا توجیه داشته باشد از آنجایی که در سال‌های گذشته طرح‌های توسعه‌ای در بنادر کشور اجرایی نشده به طور طبیعی کشتی‌های بزرگ تا نزدیک بنادر ما می‌توانند لنگر بیاندازند و پس از آن سنگ آهن را با کشتی‌های کوچکتر از طریق «لایتریج» سبک سازی کنند.

سایت خبری فولاد ایران، آبان ۱۴۰۰

**-حوزه خلیج فارس، تهدید جدی برای صنعت فولاد ایران**  
ایران از ۲۳ سال پیش به جرگه صادرکنندگان سنگ آهن پیوست. پیش از صادرات سنگ آهن و کنسانتره به چین، سنگ آهن هماتیت به صورت محدود و با شناورهای کوچک به کارخانه‌های سیمان حاشیه خلیج فارس صادر می‌شد. ۲۳ سال پیش نخستین محموله صادراتی سنگ آهن هماتیت به وزن ۶ هزار تن با شناورهای کوچک (بارج) به کارخانه سیمان راس‌الخیمه صادر شد. بعد از این که بازار چین، تشنه واردات سنگ آهن شد، ایران از حدود سال ۲۰۰۱ میلادی صادرات به چین را آغاز کرد و از سال ۲۰۰۳ صادرات از اکثر معادن بخش دولتی به ویژه سنگ آهن مرکزی ایران (چغارت) که دارای سنگ آهن مگنتیت بود، رونق گرفت. اما حالا اوضاع تغییر کرده است. «بحرین استیل» در سال‌های اخیر با شرکت CSN برزیل قرارداد داشته، اما CSN شرکت کوچکی است و هیچ وقت نتوانست نیاز «بحرین استیل» را به طور کامل پوشش دهد. اخیرا باخبر شدیم که بحرین استیل قرارداد ۳ ساله‌ای با شرکت «آنگلو آمریکن» برزیل برای تامین خوراک خود منعقد کرده است. همچنین با وجود پروژه‌های گندله‌سازی عمان و بحرین در حاشیه خلیج فارس، امکان این که ایران بتواند از برزیل به واردات سنگ آهن یا کنسانتره بپردازد وجود ندارد و با رفع تحریم‌ها نیز عملیاتی نخواهد شد، زیرا ظرفیت معادن یاد شده برزیل توسط کارخانه‌های گندله‌سازی عمان و بحرین رزرو شده است. شرکت واله هم به هیچ عنوان مواد اولیه به ایران نمی‌فروشد، زیرا در عمان کارخانه دارد. آنگلو آمریکن هم شرکت دوم بزرگ برزیل است که قرارداد ۳ ساله با بحرین استیل دارد، لذا ما نمی‌توانیم برزیل را به عنوان منبع تأمین سنگ آهن خود مد نظر قرار دهیم.

یکی از مشکلات دیگر اساسی ما موضوع پهلوییگری کشتی‌های ۱۵۰ تا ۱۷۰ هزار تنی «کیپ سائز» است که امکان آن در بنادر کشور وجود ندارد و اگر قرار باشد از استرالیا با کشتی‌های پانامکس

### -چشم‌انداز فولاد مبارکه تا ۱۴۰۴/بهره‌برداری از پروژه‌های تحول دیجیتال صنعت فولاد در دی‌ماه

معاون تکنولوژی فولاد مبارکه اصفهان الحاق به باشگاه فانوس دریایی در سال ۱۴۰۴ را چشم‌انداز این واحد صنعتی برشمرد و افزود: مسیری دشوار و طولانی را از سال گذشته آغاز کردیم و همه امکانات و منابع شرکت را به کار بردیم تا بتوانیم برای سال ۱۴۰۴ به باشگاه فانوس دریایی ملحق شویم. مهندس سید مهدی نقوی در سومین رویداد از سلسله رویدادهای ۳S که به همت مرکز نوآوری تحول دیجیتال فولاد به صورت نیمه حضوری برگزار شد، اظهار کرد: فعالیت‌های بسیار زیادی طی سال گذشته در حوزه‌های مختلف عملیاتی و فرهنگی در بحث تحول دیجیتال اجرا شد. وی افزود: از آن جمله می‌توان به برگزاری نخستین دوره تخصصی آموزش مدیران و راهبران تحول دیجیتال با همکاری دانشگاه اصفهان و دانشگاه‌های خارج از کشور اشاره کرد. همراهی و هم صحبت کردن مجموعه‌ای که بتوانند این فرآیند را مدیریت کنند، اصلی‌ترین بخش کار است. معاون تکنولوژی فولاد مبارکه در ادامه با تأکید بر ضرورت همکاری با مجموعه پارک علم و فناوری دانشگاه تهران، معاونت علمی و فناوری ریاست جمهوری و سازمان امیدرو یادآور شد: این مسیر سخت بیش از یکسال را توانستیم با همکاری این مجموعه‌ها طی کنیم.

راه‌اندازی آزمایشگاه نسل چهارم در دانشگاه صنعتی اصفهان مهندسی نقوی همچنین از راه‌اندازی آزمایشگاه نسل چهارم در دانشگاه صنعتی اصفهان خبر داد و گفت: باید آموزش و پرورش برای دانشجویان و جوانان ایرانی آغاز شود و بتوانند در یک محیط، ایده‌های خود را در یک شرایط پایلوت و عملیاتی مشاهده کنند. این آزمایشگاه، محلی برای پرورش افراد خواهد بود. وی از نزدیک بودن زمان تکمیل ساخت مرکز نوآوری تحول دیجیتال خبر داد و خاطرنشان کرد: در مرکز نوآوری تحول دیجیتال در صنعت فولاد، می‌توانیم از حضور دوستان و علاقه‌مندانی که بدنبال فضایی برای ارائه نظرات خود هستند، بهره‌مند شویم. معاون تکنولوژی فولاد مبارکه با اشاره به دو رویداد ریورس پیچ سال گذشته و مطرح شدن ۱۱ چالش، گفت: افرادی که پیشنهادات اولیه‌شان مورد تایید کمیته‌های فنی و بازرگانی قرار گرفته بود، از مجتمع فولاد بازدید و به‌طور عینی چالش‌های مطرح شده را مشاهده کردند. از آن مجموعه رویداد و بازدیدها، شماری شرکت و ایده در فرآیند انجام قرارداد و برگزاری شرایط همکاری حاصل شد. وی از نامگذاری پروژه‌های سال جاری فولاد با عنوان فولاد+۲۲ یاد کرد و افزود: این پروژه‌ها به‌طور مستمر در حال پیگیری است، طبیعتاً در آغاز راه برای هماهنگ کردن فعالیت‌ها، باید تجاربی را به دست آورد. از همین‌رو کوشیده‌ایم از خرد جمعی استفاده کنیم تا بتوانیم در کنار هم مسیری را که برای نخستین بار در ایران در صنعت فولاد آغاز کرده‌ایم، به نتیجه برسانیم. معاون تکنولوژی فولاد مبارکه با تأکید بر اصلی‌ترین شعار دولت سیزدهم با عنوان حکمرانی هوشمند، تصریح کرد: طبیعتاً هوشمندسازی تصویر آینده دنیا خواهد بود. این آینده خیلی دور و طولانی نیست. ما هم آماده همکاری با همه ارکان مرتبط با حکمرانی کشور هستیم که بتوانیم این شعار حکمرانی هوشمند را در عمل به نتایج قابل توجهی برسانیم. در ادامه این مراسم، مدیرعامل شرکت ایریسا با یادآوری برگزاری نخستین رویداد ریورس پیچ در مهر ماه سال گذشته، گفت: با گذشت یکسال، این انتظار وجود دارد که اقدامات انجام شده و نتایج حاصل از آن را بیان کنیم و به تشریح گام‌های عملی و اجرایی مسیر تحول دیجیتال بپردازیم. وی با تأکید بر ضرورت وجود تفاوت میان فضای عملیاتی و فضای نگاه به مسائل از دور و تصور یک موضوع، اظهار کرد: شناسایی و ارائه موضوعاتی که بتوان آن را متناسب با ریورس پیچ و با زبان استارت‌آپی مطرح کرد، به تمرین و تجربه نیاز دارد. وی دانشگاه را مرکز همه تحولات بنیادین دانست و خاطرنشان کرد: مجدد به دانشگاه بازگشتیم و روز به روز این ارتباط را عمق می‌بخشیم و سعی خواهیم کرد تا بتوانیم یک مسیر باثبات و پایدار را دنبال کنیم. وی به نقشه راه فولاد مبارکه برای تغییر و تحول اشاره کرد و گفت: با شعار فولاد فردا، هوشمند از سنگ تا رنگ که بیانگر هوشمندسازی در کل زنجیره ارزش فولاد مبارکه است، این مسیر را طی خواهیم کرد. دکتر سراییان با معرفی مسیرشان در قالب یک قاب با عنوان سند ره‌نگاشت، تصریح کرد: این سند، اهداف، فعالیت‌ها و اقدامات ما را بیان می‌کند. در واقع نقطه‌ای است که همه با تمرکز بر روی آن، سعی کردیم تا همه حرکات خود را تنظیم کنیم و تا حد ممکن به تبیین مسیری که بدنبال می‌کنیم، بپردازیم.

ریخته‌گری

وی در ادامه افزود: مبحث تحول دیجیتال برای هر صنعت، موضوعی نیست که همه آن را به طور کامل و شفاف بدانند. گام‌های فعالیت در این حوزه، مثل حرکت در یک مسیر مه‌آلود است، هرچه به جلو برویم، عمق دید بازر و گام‌ها شفاف‌تر می‌شود و طبیعتاً بهتر می‌توان حرکت کرد. این ماهیت و ذات تحول دیجیتال است. الحاق به باشگاه فانوس دریایی به معنای نمایش هوشمندسازی صنعت فولاد در عرصه بین‌المللی دکتر سراییان در تشریح اقدامات مسیر دیجیتالی شدن گفت: یکی از مهم‌ترین اقدامات مدیریتی شرکت‌هایی که تمایل و اراده به دیجیتالی شدن دارند، این است که چشم‌انداز خود را تعریف کنند. در فولاد مبارکه، عضویت در باشگاه فانوس دریایی در سال ۱۴۰۴ به‌عنوان چشم‌انداز تعریف شده است. بدین معنا که در تراز بین‌المللی بتوانیم هوشمندسازی صنعت فولاد را نشان دهیم. وی در ادامه افزود: تبلور این عضویت را می‌توان در قالب شاخص‌های کلیدی عملکرد شبکه جهانی فانوس دریایی مشاهده کرد. این شاخص‌ها شامل افزایش خروجی کارخانه، افزایش بهره‌وری، افزایش نرخ به‌کارگیری تجهیزات، کاهش هزینه‌های کیفیت، کاهش هزینه‌های تولید، راندمان انرژی، کاهش موجودی، کاهش زمان تحویل، کاهش زمان آماده فروش شدن محصول، کوتاه کردن زمان تغییرات و کاهش اندازه انباشته است. دکتر سراییان بر الزام برآورد تأثیر کسب و کاری تمام پروژه‌ها و پرونده‌های فولاد به استثنای پروژه‌های زیرساختی تأکید کرد و افزود: این تحلیل‌ها بیان می‌کند که با اجرای این پروژه‌ها، چه تأثیراتی از منظر کسب و کاری رخ می‌دهد، بدین ترتیب می‌توانیم هزینه‌های پروژه را توجیه کرده و در نهایت از تأثیرات کسب و کاری این پروژه‌ها اطمینان حاصل کنیم. به‌دنبال منافع دیجیتالی شدن فولاد مبارکه در عرصه داخل و بین‌الملل وی خاطرنشان کرد: ما به‌دنبال منافع دیجیتالی شدن فولاد مبارکه در عرصه داخل و بین‌الملل هستیم. عصاره این جمله در کلمه مزیت رقابتی نهفته است. بدین معنا که باید مزیت رقابتی داشته باشیم تا بتوانیم در عرصه بین‌الملل، محصولات خود را با کیفیت و قیمت مناسب عرضه کنیم. دنیا در حال حرکت به این سمت است و اگر ما می‌خواهیم در عرصه بین‌الملل حضور پیدا کنیم، باید محصول خود را با قیمت و کیفیت جهانی عرضه کنیم. دکتر سراییان از همراه کردن بدنه سازمان به‌عنوان اقدام دوم در این مسیر یاد کرد و افزود: بلوغ دیجیتالی مدیریت فولاد مبارکه باید به این موضوع اعتقاد پیدا کند که این مسیر، درست است و بقا را تضمین می‌کند. افتتاح دوره آموزشی مدیریت ارشد تحول دیجیتال نیز به همین علت بوده است. وی نقش فولاد مبارکه در صنعت را به لوکوموتیوی تشبیه کرد و گفت: این لوکوموتیو اگر راه بیفتد، هزاران واگن صنعت را با خود می‌کشد. مدیرعامل شرکت ایریسا با اشاره به وجود یک ستاد برای مبحث نوآوری در تحول دیجیتال، تصریح کرد: رکن نوآوری را در قلب دانشگاه تهران تعریف کردیم تا بتوانیم از منابع کل کشور استفاده کنیم. منشا مبحث نوآوری دانشگاه‌های برتر کشور است. این ارتباط باید روز به روز عجین‌تر شود و این در مرکز نوآوری تحول دیجیتال فولاد محقق شده است. بهره‌برداری از اولین پروژه‌های تحول دیجیتال صنعت فولاد در دی‌ماه ۱۴۰۰ دکتر سراییان گزارشی



از رویدادهای ریورس پیچ سال گذشته را ارائه داد و افزود: در دی ماه ۱۴۰۰، نخستین پروژه‌های تحول دیجیتال به بهره‌برداری خواهد رسید. وی، دیتابیس‌های شرکت‌ها و افرادی که پتانسیل هوشمندسازی دارند را بزرگترین سرمایه‌های دانست که از رویدادهای ریورس پیچ جمع و جذب شده است و در ادامه افزود: در گام‌هایی که می‌خواهیم برداریم، طبیعتاً از این دیتابیس استفاده خواهیم کرد. در بخش دوم این رویداد، متخصصان و کارشناسان ۶ چالش را شرح داده و ارائه کردند از آن جمله حفاظت فیزیکی هوشمند با استفاده از تحلیل تصاویر ویدئویی موجود در فولاد مبارکه، هوشمندسازی نگهداری و تعمیرات ماشین‌های دوار فولاد مبارکه با استفاده از تکنیک‌های پیش وضعیت، هوشمندسازی انبار قطعات یدکی، ارتقاء ایمنی کارکنان فولاد مبارکه از طریق مانیتورینگ و کنترل آنلاین رفتارهای ناایمن، همیار بازرسی کنترل کیفی نورد سرد و شبیه‌سازی و هوشمندسازی نرم‌افزاری احیاء مستقیم سبا بود. براساس این گزارش، مرکز نوآوری تحول دیجیتال فولاد، سومین رویداد از سلسله رویدادهای ۳۵ را با همکاری پارک علم و فناوری دانشگاه تهران، مجتمع فولاد مبارکه، واحد کسب و کار تحول دیجیتال ایریسا، دانشگاه تهران، معاونت علمی و فناوری ریاست جمهوری، صندوق نوآوری و شکوفایی، سازمان نظام صنفی رایانه‌ای کشور (استان اصفهان) و سازمان فناوری اطلاعات ایران و با حضور شماری از متخصصان و کارشناسان به صورت نیمه‌حضور برگزار کرد.

سایت خبری فولاد ایران، آبان ۱۴۰۰

### - عوامل مؤثر در بازار فولاد ایران

در مورد قیمت‌های بازار فولاد عضو هیأت مدیره انجمن تولیدکنندگان فولاد معتقد است: چنانچه بازار مطابق استانداردها پیش رود بلاشک قیمت‌ها نیز منطقی خواهد بود و چه بسا شرایط رانت نیز حذف می‌گردد ولی اگر وزارت صمت کمافی سابق به دنبال قیمت گذاری و دخالت دستوری باشد توازن بازار در هم شکسته می‌شود و در نهایت امر باید انتظار افزایش قیمت و رانت نیز داشته باشیم. هم اکنون میزان تولیدات داخلی کشور دقیقاً دو برابر میزان مصرفی آن است پیش بینی می‌شود میزان تولید فولاد تا پایان سال جاری به ۳۴ میلیون تن برسد، در حالیکه میزان مصرف داخلی بیش از ۱۵ تن نمی‌باشد این چنین است که نه تنها نباید نگرانی در بحث تامین فولاد کشور وجود داشته باشد چه بسا میزان عرضه و تقاضا باید منجر به تعادل قیمت‌ها گردد اما متأسفانه زمانی که دولت مداخله می‌نماید ارمانی جز به هم خوردن میزان عرضه و تقاضا و افزایش نابسامان قیمت‌ها نخواهد داشت. با بررسی اجمالی شرایط کشورهای منطقه مشاهده می‌گردد اکثریت کشورهای تولید کننده وضعیت خوبی دارند و میزان تولیداتشان در حال رشد است در نتیجه بازار فولاد صادراتی ایران مشتریان زیادی خواهد داشت و اگر در مقابل فعالیت صادر کنندگان سنگ اندازی نشود قطعاً در حوزه صادرات موفق تر خواهیم شد. بحران گاز پس از بحران برق در فولاد همانگونه که فصل تابستان قطعی‌های مکرر برق نظام

تولید فولاد را مختل کرده بود در فصل زمستان نیز مشکلات کمبود گاز در این زنجیره اثر گذار خواهد بود. تولیدات آهن اسفنجی مصرف بالای گاز را می‌طلبد و چنانچه در تامین گاز کارخانه‌ها با مشکل مواجه شویم بلا شک برای تامین فولاد کشور با چالش‌هایی مواجه خواهیم شد. البته در باب حوزه صادرات فولاد مدیریت ایمیدرو اعلام داشت: به طور تقریبی در سه الی شش ماه آینده با سیاست‌های توسعه صادراتی شرایط بازار فولاد بهتر خواهد شد. وی در پی پیش بینی بازار محصولات فولادی در فصل سرد سال اظهار داشت: دولت و وزارت صمت در جهت توسعه صادرات و همچنین رشد میزان صادرات اهتمام ورزیده‌اند و شرایط مطلوبی در حوزه محصولات معدنی، فولادی و پتروشیمی فراهم خواهد شد. البته به بیان ایشان نگرانی‌هایی در بحث تامین گاز فولادسازان در فصل زمستان وجود دارد و کمبودی بالغ بر ۲۰ میلیون متر مکعب گاز برای تولید روزانه فولادسازان وجود خواهد داشت که این میزان عدد بزرگی است ولی بر اساس تجربه‌های پیشین می‌توان اظهار داشت که این محدودیت در محدود روزهایی در سال اتفاق می‌افتد و پس از آن وضعیت بهتر خواهد شد. رئیس اتحادیه فروشندگان آهن و فولاد استان تهران بیان داشت: چنانچه تمامی گروه‌ها و افرادی که در زنجیره فولاد تاثیرگذارند متعهدانه و مسئولانه عمل نمایند و در جهت اصلاح ساختار صنعت فولاد اهتمام ورزند به گفته وزیر صمت در آذر ماه می‌توانیم به اصلاح ساختار خوشبین باشیم. در مورد راهکارهای پیشنهادی وزارت صمت علی‌الخصوص اصلاح ساختار صنعت فولاد در آذر ماه اذعان داشت: یک از مسائل حائز اهمیت در بازار آهن و فولاد که در واقع قیمت آهن و فولاد را تحت تاثیر قرار می‌دهد قیمت‌های جهانی و همچنین نرخ دلار و ارزهای خارجی است. در حالیکه به وضوح مشخص است تمامی منابع و معادن ما ملی است. احتمال افزایش قیمت آهن رئیس اتحادیه آهن فروشان اردبیل بیان داشت: با افزایش تقاضای محصولات فولادی در بازار و همچنین کاهش میزان عرضه می‌توان اظهار داشت احتمال افزایش قیمت محصولات فولادی تا پایان سال جاری وجود دارد و چنانچه دولت عرضه مواد اولیه را افزایش دهد می‌توانی به کاهش قیمت‌ها امیدوار باشیم. افزود: هم اکنون بیشترین نظارت و کنترل دولت بر قیمت محصولات زنجیره نهایی فولاد و علی‌الخصوص میلگرد و تیرآهن می‌باشد.

سایت خبری فولاد ایران، آبان ۱۴۰۰

### - ۲۰۰ هزار فرصت شغلی مستقیم در زنجیره تولید فولاد ایجاد شده است.

صنعت فولاد یکی از صنایع مادر در کشور است که توانایی بسیار بالایی برای ایجاد اشتغال، توانمندسازی کشور، خودکفایی در سطوح مختلف، صادرات و نهایتاً ارزآوری و ایجاد ارزش افزوده بسیار زیادی برای کشور دارد. قطعاً تکمیل زنجیره تولید از بالاترین نقطه آن یعنی سنگ تا محصول نهایی براساس سیاست‌های اقتصاد مقاومتی برای کشور مفید است و در صنعت فولاد می‌شود به جای خام‌فروشی محصولات آن، با تامین نیاز صنایع پایین دستی ارزش افزوده بیشتری برای کشور

ایجاد کرد. اشتغال‌زایی و جذب نیرو تنها بخشی از منفعت‌های صنعت فولاد است و در مراحل مختلفی که برای تولید مقاطع فولادی در کشور وجود دارد از استخراج معادن گرفته، تولید و ریخته‌گری فولاد خام و در انتها مرحله نورد، عملیات ثانویه و سپس مرحله مصرف است. قطعاً در تمامی مراحل کار نیاز به نیروهای انسانی لازم بوده و گستردگی صنعت فولاد منجر به اشتغال‌زایی در سطح گسترده می‌شود و نیروهای بسیاری در برخی از این مشاغل شامل استخراج از معادن، حمل و نقل، تولید و ریخته‌گری فولاد، ساخت و برورسانی تجهیزات می‌تواند در این چرخه اشتغال داشته باشند. کل تولید فولاد کشور در سال ۹۹ بالای ۳۰ میلیون تن بود و اگر به مشکل کاهش برق نمی‌خوردیم بالای ۳۳ میلیون تن تولید می‌کردیم. کاهش ۵۰ درصدی تولید به دلیل کمبود برق وی گفت: ولی متأسفانه با وجودی که در سه ماه اول سال مقدار حجم تولید صورت گرفت، در سه ماه دوم که کمبود برق بود تولید ما ۵۰ درصد کاهش یافت و در مجموع سبب شد نسبت ۶ ماه ابتدای ۱۴۰۰ به نسبت ۹۹ ما ۱۰ درصد کاهش تولید داشتیم. عضو هیئت مدیره انجمن تولیدکنندگان فولاد ایران با بیان اینکه اکنون در بهترین شرایط و البته با توجه به کاهش گاز در ماه‌های آتی به نظر می‌آید امسال بیشتر از ۲۷ میلیون تن تولید نخواهیم داشت، تصریح کرد: این در حالی است که ظرفیت‌سازی ما به بالای ۳۶ میلیون تن رسیده است. برای تولید فولاد در کشور سه میلیون تن ظرفیت کوره‌های بلند داریم، ۲۳ میلیون تن هم ظرفیت کوره‌های قوس و ۱۰ میلیون تن ظرفیت کوره‌های القایی است که در مجموع ظرفیت ما ۳۳ میلیون تن است. وی ادامه داد: بالای ۱۳۰ شرکت در بخش القایی داریم که ۹۵ مورد عضو انجمن تولیدکنندگان فولاد ایران هستند و در حدود ۲۰ شرکت قوس داریم. عضو هیئت مدیره انجمن تولیدکنندگان فولاد ایران کل زنجیره فولاد که از سنگ و معدن شروع می‌شود، تا برای کنسانتره، تولید گندله، احیا، ذوب و نورد، نورد گرم و سرد و فورمینگ بخش‌های این زنجیره وسیع هستند. خیلی از شرکت‌ها هستند که تعدادی از این زنجیره را پوشش می‌دهند ولی بعضی شرکت‌ها یک قسمت، برخی دیگه دو یا سه مورد را پوشش می‌دهند و در کل خیلی پیچیده است. وی گفت: اگر بخواهیم تمام این زنجیره را در نظر بگیریم این زنجیره از سنگ تا فولاد در حدود ۲۰۰ هزار نفر اشتغال مستقیم دارد و به صورت غیر مستقیم حدود شش میلیون نفر در تمام زمینه‌های مختلف از حمل و نقل گرفته تا شرکت‌های مصرف‌کننده خودروسازی، لوازم خانگی، ساختمان‌سازی شرکت‌هایی که فولاد را در مجموعه‌های خود استفاده می‌کنند همچون پتروشیمی مشغول خدمت هستند. عضو هیئت مدیره انجمن تولیدکنندگان فولاد ایران با بیان اینکه فولاد یکی از صنایع مهم کشور است اظهار داشت: صنعت پتروشیمی و نفت کشور بزرگترین صنعت کشور است و پس از آن صنعت فولاد دومین صنعت بزرگ کشور بوده و از این نظر حائز اهمیت است. مشکلات در دو بخش تولیدی و اقتصادی هستند که در بخش تولید تحریم‌ها یکی از مشکلات و معضلات شرکت‌ها است که نمی‌توانند قطعات یدکی ماشین‌آلات که برای توسعه نیاز دارند را تأمین کنند، مواد اولیه مثل فروآلیاژها را نیاز دارند که وارد کنند تا در مراحل تولید استفاده کنند. وی معضل دیگر این بخش را اقتصادی دانست و بیان کرد: نظر

ریخته‌گری

ما این است که باید یک سیستم سالم بین عرضه و تقاضا ایجاد شود و قیمت‌گذاری شود، چرا که قیمت‌دستوری باعث ایجاد رانت و فساد کرده و نه مصرف‌کننده نهایی و نه تولیدکننده از آن استفاده درست خواهد کرد. عضو هیئت مدیره انجمن تولیدکنندگان فولاد ایران گفت: سیاست کلی کشور ما باید بر این اساس باشد که توازن در کل زنجیره از معدن تا مصرف‌کننده ایجاد کند تا همه با همدیگر بتوانند به شکلی بالا بروند که خلا کمتر شده و به صفر برسد، در نتیجه خلایق وجود نداشته باشد و قیمت‌های متعادل، خوب و رقابتی به دست مصرف‌کننده نهایی برسد. شهرستانی با بیان اینکه در حدود ۱۵۰ میلیون تن نیاز به مواد اولیه سنگ داریم تا به چشم‌انداز تعیین شده برسیم اظهار داشت: در حال حاضر کمبود سنگ داریم و این کمبود سنگ به علت این است که متأسفانه در بخش اکتشاف، در بخش سرمایه‌گذاری در جوانب، در بخش ریلی، اکتشاف، بنادر و در بخش فولاد معضلی ایجاد کردند. وی ادامه داد: این معضلات سبب شده که رشدی که ما برای چشم‌انداز سال ۱۴۰۴ داشتیم که به تولید ۵۵ میلیون تن تولید برسیم، مسلم است که اگر این معضلات رفع نشود و ما نتوانیم سنگ مورد نیاز را تأمین کنیم مسلماً به مشکل خواهیم خورد و به اهدافمان نخواهیم رسید. عضو هیئت مدیره انجمن تولیدکنندگان فولاد ایران با اشاره به مشکل کمبود برق و گاز گفت: به علت کمبود برق دولت مجبور بود که برق صنایع فولاد و سیمان را کاهش بدهد تا برق شهری کم نشود و از بخش صنایع این کمبود برق را جبران کرد و ما کاهش تولید داشتیم. سعی ما این است که بسنجیم در کدام بخش زنجیره بیشترین ارزش افزوده ایجاد می‌کند، هر چه زنجیره پایین‌تر باشد، تکمیل‌تر قطعاً هم اشتغال‌زایی ایجاد می‌کند و هم سوددهی بیشتر دارد. وی گفت: در برخی قسمت‌ها این چنین نیست، مثلاً در بخش تحویل، نورد شاید تاحدودی برعکس است از این جهت که برای صادرات شرکت‌ها تمایل دارند که مواد بالا دستی مثل شمش را وارد کنند و خودشان نورد کنند چون هم هزینه سرمایه‌گذاری کم است و هم مصرف انرژی از بخش احیا کمتر است لذا این توازن باید ایجاد شود که در کدام قسمت اقدام به تولید کنیم. خیلی از شرکت‌ها آمدند، سرمایه‌گذاری کردند و آب را از خلیج فارس می‌آوردند و تصفیه و شیرین می‌کنند و برای مصارف خود و خیلی از نیازهای جنبی و جانبی دیگران را تأمین می‌کنند، بنابراین باید صنعت فولاد را جدی گرفت چون نه فقط برای خود اشتغال‌زایی می‌کند بلکه می‌تواند مشکل کل استان‌هایی که محروم هستند و با مشکل کمبود آب مواجه هستند را مرتفع کند. صنایع بزرگی همچون فولاد می‌توانند با پرداخت مالیات خود و یا پرداخت سهم یک درصدی مناطق که طبق قانون موظف به اجرای آن هستند سبب توسعه مناطق محروم شوند. نکته دیگر اینکه باید توجه داشت دولت باید با تأمین زیرساخت‌های برق و گاز صنایع کشور همچون صنعت فولاد در ادامه مانع از کاهش تولید این صنایع به دلیل قطعی برق و گاز شود و به طور کامل از ظرفیت موجود برای تولید فولاد در کشور استفاده برده و سبب افزایش اشتغال نیز شود.

همایش ها و نمایشگاه های داخلی در سال ۱۴۰۰

ردیف	عنوان	تاریخ	محل
۱	هفدهمین نمایشگاه بین المللی متالورژی ایران متافو ۲۰۲۰	۱۴ الی ۱۷ آذر	نمایشگاه بین المللی تهران
۲	نمایشگاه بین المللی معدن، صنایع معدنی، فراوری مواد معدنی، ماشین الات معدنی و راهسازی، خدمات و تجهیزات وابسته	۱۷ الی ۱۹ آذر	زنجان

– چشم انداز خوش بینانه قیمت فولاد آلمان علی‌رغم انتظارات تولید

پایین تقاضای خودرو همچنان به تضعیف خود ادامه می‌دهد بنابراین انتظار می‌رود تولید کمتر شود زیرا چندین تولیدکننده خطوط گالوانیزه خود را متوقف کرده‌اند. یکی از توزیع‌کنندگان آلمانی به پلتس گفته این قیمت‌ها به بالاتر از قیمت‌هایی که در ۱۲ ماه گذشته داشتیم نخواهد رسید و نرخ‌ها ثابت خواهند بود. انبارداران و خریداران نهایی سعی دارند به برخی روندهای منفی اشاره کنند اما کارخانه‌ها در مقابل این نرخ‌ها مقاومت می‌کنند. تصمیم اتحادیه اروپا و آمریکا برای جایگزینی تعرفه‌های بخش ۲۳۲ آمریکا بر روی واردات فولاد و آلومینیوم اروپا با سهمیه نرخ تعرفه TRQ که از اول ژانویه اجرایی می‌شود موجی از تمایلات صعودی را برانگیخته است. منابع بازار از تابستان در انتظار نتیجه مذاکرات اتحادیه اروپا و آمریکا هستند و بسیاری از منابع سمت خریدار نگران قیمت‌های بالای داخلی در صورت تصمیم کارخانه‌ها برای ارسال مواد به خارج از این کشور هستند. دومین توزیع‌کننده آلمانی هشدار داده زمان تحویل کوتاه‌تر شده و از زمان اعلام توافق اتحادیه اروپا و آمریکا بسیاری از مواد محو خواهند شد. حجم کل سهمیه وارداتی سالانه تحت سیستم TRQ بالغ بر ۳/۳ میلیون تن تعیین شده است و این عدد خاص کشور است و در ۵۴ دسته محصول قرار می‌گیرد. کارخانه‌های اروپایی از زمان تابستان با حجم غیر ضروری خودرو اشباع شده‌اند. این امر همراه با تقاضای داخلی کم منجر به موجودی‌های بالا شده است. خریداران عجله‌ای برای خرید ندارند زیرا به دنبال آن هستند که موجودی خود را به دلیل کمبود چند ماه قبل توسعه دهند و زمان تحویل به حداقل سه هفته کاهش یابد.

سایت خبری فولاد ایران، آبان ۱۴۰۰

– دود توافق غرب در چشم صنعت فولاد چین

بهای شمش و مقاطع طولی فولادی در بازارهای جهانی، برخلاف سایر فلزات صنعتی از رکوردشکنی قیمتی خود در سال جاری میلادی فاصله معناداری گرفته است. کاهش سرعت رشد اقتصادی دنیا ظرف سه ماه سوم سال جاری میلادی و ایجاد بحران در شرکت‌های توسعه‌دهنده ساخت‌وساز در دنیا با افت تقاضا برای محصولات فولادی، از مهم‌ترین دلایل عقب‌گرد قیمتی فولاد بود. در این شرایط، توافق ایالات متحده آمریکا و اتحادیه اروپا بر سر حذف تعرفه واردات و در عین حال، توافق بر سر محدودیت واردات فولاد کثیف (فولادی که در مسیر تولید با انتشار آلاینده‌های کربنی قابل توجهی همراه است) می‌تواند بر بحران کاهش سود فولادسازان چینی بیفزاید. سهم ۲۰ درصدی فولادسازان چینی در انتشار آلاینده‌های کربنی افزایش توجه جهانی به کاهش انتشار آلاینده‌های کربنی باعث شده است تا الزام صنایع مختلف برای استفاده از انرژی‌های سبز با جدیت بیشتری

ریخته‌گری

پیگیری شود. اهمیت این موضوع در جامعه جهانی به میزانی افزایش یافته است که اتحادیه اروپا و ایالات متحده آمریکا در جریان مذاکرات خود برای رفع موانع تعرفه‌ای در جریان تجارت دو کشور، به اعمال فشار برای کاهش انتشار آلاینده‌های کربنی از صنایعی همچون فولاد نیز می‌پردازند. در دوران ریاست جمهوری دونالد ترامپ در سال ۲۰۱۸ میلادی، دولت ایالات متحده آمریکا تعرفه ۲۵ و ۱۰ درصدی را بر واردات فولاد و آلومینیوم از اتحادیه اروپا وضع کرد و به این ترتیب سلسله‌ای از تنش‌های تجاری میان دو کشور شروع و ادامه‌دار شد؛ به گونه‌ای که دو طرف، تعرفه‌هایی بر واردات محصولات مختلف صادراتی یکدیگر وضع کردند. با توجه به تبعات منفی وضع عوارض صادراتی میان مبادلات تجاری دو طرف، مذاکراتی در خصوص رسیدن به توافق جدید برای بهبود وضعیت مبادلات تجاری میان دو کشور شروع شد که با روی کار آمدن جو بایدن، روند این مذاکرات سرعت بیشتری به خود گرفت. اخیراً، اخباری درباره توافق دو طرف بر سر حذف عوارض صادرات فولاد و آلومینیوم منتشر شد. در نهایت، جو بایدن در حاشیه نشست سران G۲۰ در ایتالیا در روز پایانی ماه اکتبر، از قراردادی جدید میان دو طرف خبر داد که به کشورهای اتحادیه اروپا اجازه صادرات فولاد و آلومینیوم (با میزانی مشخص) به ایالات متحده را بدون عوارض گمرکی خواهد داد. اتحادیه اروپا نیز در پاسخ به این اقدام مثبت، تعرفه‌های تلافی‌جویانه را که بر محصولات آمریکایی، از جمله قایق‌های موتوری و موتورسیکلت‌های هارلی دیویدسون وضع کرده بود، حذف می‌کند. توافق دو طرف در بخش فولاد و آلومینیوم تنها به لغو معافیت مالیاتی محدود نشد. جو بایدن در حاشیه این نشست، از توافق دو طرف بر سر وضع محدودیت برای واردات فولاد کثیف از چین خبر داد. فولاد کثیف به محصولات فولادی گفته می‌شود که در فرآیند تولید آنها توجهی به کاهش انتشار آلاینده‌های کربنی نشده باشد. اتحادیه اروپا طی اقدامات خود در جهت کاهش انتشار آلاینده‌های کربنی، در گام اول صنایع این کشور را به حرکت به سمت استفاده از انرژی‌های سبز ملزم کرده است. در گام دوم نیز قصد دارد با وضع عوارض بر واردات محصولاتی که طی فرآیند تولید آنها آلاینده‌های کربنی وارد جو زمین می‌شود، تولیدکنندگان سایر نقاط دنیا را ملزم به حرکت به سمت استفاده از انرژی‌های پاک کند. صنایعی همچون فولاد و آلومینیوم جزو آلاینده‌ترین صنایع دنیا به شمار می‌روند. تخمین زده می‌شود که حدود ۲۰ درصد تولید کربن در چین مربوط به فعالیت فولادسازان این کشور است. همراه کردن ایالات متحده آمریکا با این توافق می‌تواند فشار بر صنایع چین در زمینه کاهش انتشار آلاینده‌های کربنی را شدت بیشتری ببخشد. بایدن در بخش دیگری از گزارش خود به ایجاد ظرفیت‌های مازاد در صنایع مختلف، از جمله فولاد و آلومینیوم در چین اشاره کرد و این رویه را حرکتی در جهت میان بردن تعادل بازار جهانی و البته تخریب محیط‌زیست دانست. دولت بایدن قصد دارد در خصوص تبعات منفی ایجاد ظرفیت مازاد در صنایع فولاد و آلومینیوم در بازارهای این محصولات با ژاپن و بریتانیا به رایزنی بپردازد و با اعمال فشار بر چین از بقای صنایع خود حمایت کند. توافقی برای ضربه‌زدن به فولادسازان چینی توافق ایالات متحده



آمریکا و اروپا بر سر حذف تعرفه‌ها، بهبود روابط تجاری و در عین حال فشار بر چینی‌ها برای کاهش انتشار آلاینده‌های کربنی و افت ظرفیت مازاد ایجادشده در صنایع فولادی و آلومینیومی خود می‌تواند تولید و تجارت را در چین، به‌عنوان بزرگ‌ترین تولیدکننده و تامین‌کننده محصولات صنعتی دنیا تحت‌الشعاع قرار دهد و ضربه جدیدی به صنایع فولادی چین وارد کند. دولت پکن به منظور کاهش انتشار آلاینده‌های کربنی در این کشور ظرف یک‌سال اخیر، سیاست‌های نظارتی جدی را بر فولادسازان و واحدهای ذوب آلومینیوم در استان‌های مختلف این کشور اعمال کرد که از جمله آنها می‌توان به توقف تولید واحدهای قدیمی، افزایش ظرفیت فعال واحدهای تولیدی و توقف تولید برخی واحدهای فولادساز و آلومینیومی این کشور در روزهای سرد سال اشاره کرد. با وجود اقدامات دولت پکن در خصوص کاهش انتشار آلاینده‌های کربنی، سایر اقتصادهای بزرگ دنیا درصدد هستند تا این روند را با اعمال سختگیری بیشتر سرعت ببخشند. البته در این میان، اعمال فشار با توجه زیست‌محیطی و قابل پذیرش جامعه جهانی بر چین برای کاهش سرعت رشد اقتصادی دومین اقتصاد دنیا نیز در اهداف تصمیم‌گیرندگان محتمل است. چین بزرگ‌ترین منتشرکننده گازهای گلخانه‌ای است؟ چین بزرگ‌ترین منتشرکننده گازهای گلخانه‌ای در دنیاست و ایالات‌متحده آمریکا در رتبه دوم در این زمینه قرار دارد. اما در این رتبه‌بندی به جمعیت و وسعت هر کشور توجه نمی‌شود. درواقع اگر سرانه انتشار گازهای گلخانه‌ای برای چین و ایالات‌متحده محاسبه شود، ایالات‌متحده به سیاق گذشته سردمدار سرانه تولید آلاینده‌های کربنی در دنیا به شمار می‌رود. در عین حال، گازهای گلخانه‌ای منتشرشده در جو زمین باقی می‌ماند و در نتیجه برای بررسی دقیق‌تر سهم هر کشور در بحران آب‌وهوایی امروز باید میزان انتشار آلاینده‌های کربنی در طول دهه‌های اخیر مدنظر قرار گیرد. بررسی دقیق‌تر آمار انتشار گازهای گلخانه‌ای در دنیا حاکی از آن است که کشورهای توسعه‌یافته که امروز سردمدار مقابله با انتشار گازهای گلخانه‌ای هستند، بیشترین سهم را در ایجاد وضعیت کنونی اقلیمی زمین دارند؛ بنابراین انتظار می‌رود سهم بیشتری در بحران کنونی برای خود قائل شوند. استفاده از زغال‌سنگ به‌عنوان منبع اصلی تامین انرژی در چین، یکی از دلایل بالا بودن انتشار گازهای گلخانه‌ای در این کشور است. بنا بر اعلام آژانس بین‌المللی انرژی، تولید گازهای گلخانه‌ای در چین، در بخش تولید فولاد و سیمان برابر کل تولید این گازها در اتحادیه اروپاست. رواج استفاده از گاز طبیعی در کشورهای اروپایی و آمریکایی به جای زغال‌سنگ یکی از دلایل انتشار کمتر گازهای گلخانه‌ای در این مناطق است؛ هرچند استفاده از گاز طبیعی نیز معایب زیست‌محیطی خود را دارد و محققان حرکت به سمت توسعه انرژی‌های سبز را تنها راه نجات دنیا از بحران آب‌وهوایی می‌دانند. با توجه به روند توسعه صنعتی در دنیا تحقق استفاده از انرژی‌های پاک برای تولید صنعتی، حتی با وضع تعرفه به‌سادگی امکان‌پذیر نیست.

سایت خبری فولاد ایران، آبان ۱۴۰۰

## – تلاش چین برای تامین سنگ آهن کارخانه‌های فولاد

گلوبال تایمز نوشته CISA در بیانیه‌ای مطبوعاتی اعلام کرد، عرضه منابع بالادستی به طور فزاینده‌ای انحصاری شده است، در حالی که صنعت پایین‌دستی در چین بسیار پراکنده است؛ بنابراین، اهمیت منابع استراتژیک برای سنگ آهن، زغال‌سنگ، زغال‌سنگ کک‌شو و فولاد قراضه دوچندان شده است. CISA افزوده که روند تامین ذخایر سنگ آهن را از طریق ارتباطات و مبادلات بیشتر تسریع خواهد کرد. همچنین منابع عرضه سنگ آهن را توسعه می‌دهد، مکانیسم قیمت‌گذاری سنگ آهن را بهبود می‌بخشد و قوانین معاملات آتی را برای اطمینان از ثبات صنعت و زنجیره تامین اصلاح می‌کند. تولید فولاد خام چین در ۹ ماه نخست ۲۰۲۱ با ۲ درصد افزایش به ۸۰ هزار و ۵۸۹ تن رسید. CISA خاطرنشان کرد که این نرخ رشد ۵/۲ واحد درصد کمتر از سال ۲۰۲۰ بود. در همین بازه زمانی متوسط نرخ سنگ آهن به ۶۷/۱۷۱ دلار در هر تن رسید که نسبت به مدت مشابه سال قبل ۶۴/۷۲ درصد افزایش داشت. قیمت زغال‌سنگ کک‌شو ۵۷/۰۷ درصد و نرخ قراضه فولاد ۴۸/۳۶ درصد افزایش یافت. فولادسازان چینی در مواجهه با هزینه‌های رو به رشد، اقدامات سختگیرانه حفاظت از محیط‌زیست و الزامات صرفه‌جویی در انرژی، بازدهی فعالیت خود را بالا بردند و به سودی بالغ بر ۳/۳۱۹ میلیارد یوان (۹۷/۴۹ میلیارد دلار) به‌دست آوردند که ۱۲۳ درصد نسبت به سال گذشته افزایش یافته است. به طور متوسط، حاشیه سود آنها با ۱۸/۲ درصد افزایش به ۰۳/۶ درصد رسید. با این وجود، محدودیت‌های سراسری تأثیر آشکاری بر تولید فولاد خام داشته است، به طوری که تولید فولاد در سپتامبر ۲/۲۱ درصد نسبت به مدت مشابه سال قبل کاهش یافت که پایین‌ترین نرخ رشد در سه سال اخیر است. سهم چین از تولید فولاد خام جهان با ۸۱/۲ درصد کاهش نسبت به مدت مشابه در سال ۲۰۲۰، به ۴۵/۵۵ درصد رسیده است. داده‌های انجمن جهانی فولاد همچنین نشان می‌دهد که تولید فولاد خام چین با سرعت کمتری نسبت به سایر نقاط جهان در هشت‌ماهه اول سال رشد داشته است و چین رشد سالانه ۶/۱۰ درصدی را در مقایسه با ۱/۱۸ درصدی بقیه دنیا داشته است. پیش از این، CISA متعهد شده بود که توسعه منابع سنگ آهن داخلی و معادن سنگ آهن در خارج از کشور را که توسط شرکت‌های چینی سرمایه‌گذاری شده‌اند، به منظور تامین امنیت ذخایر آهن و فولاد کشور طی چهاردهمین برنامه پنج‌ساله ۲۰۲۱ تا ۲۰۲۵ تسریع بخشد.

سایت خبری فولاد ایران، آبان ۱۴۰۰

## – صعود یک پله‌ای ایران در رتبه بندی انجمن جهانی فولاد

براساس اعلام انجمن جهانی فولاد (WSA) میزان تولید فولاد خام ۶۴ کشور فولادساز جهان از ابتدای ژانویه تا پایان سپتامبر سال جاری میلادی با رشد ۸/۷ درصدی نسبت به مدت مشابه سال گذشته به یک میلیارد و ۴۶۱ میلیون و ۲۰۰ هزار تن رسید. این در حالی است که میزان تولید جهانی این محصول نیز طی سپتامبر ۲۰۲۱

میلاادی ۱۴۴ میلیون و ۴۰۰ هزار تن اعلام شده است که حاکی از کاهش ۸.۹ درصدی نسبت به مدت مشابه سال گذشته است. رتبه نهم ایران به رغم کاهش تولید همچنان تولید فولاد خام ایران طی ۹ ماهه نخست سال جاری میلاادی با افت ۸.۶ درصدی نسبت به دوره مشابه سال گذشته به ۱۹.۳ میلیون تن کاهش یافت. با این حال، ایران در رتبه نهمین فولادساز برتر جهان جای گرفته است. در همین حال ترکیه و آلمان به سبب تولید برابر طی ماه سپتامبر و دوره ۹ ماه سال جاری میلاادی، در رتبه هفتم ایستادند. طی سپتامبر ۲۰۲۱ میلاادی میزان تولید این محصول در ایران حدود یک میلیون و ۳۰۰ هزار تن به ثبت رسید که افت ۵۱ درصدی نسبت به سپتامبر ۲۰۲۰ میلاادی نشان می دهد. انجمن جهانی فولاد اعلام کرد: طی ۹ ماهه نخست سال ۲۰۲۱ میلاادی، چین با تولید ۸۰۵ میلیون و ۹۰۰ هزار تن فولاد خام همچنان در صدر فولادسازان جهان قرار دارد. پس از آن، هند و ژاپن با تولید ۸۷ میلیون و ۳۰۰ هزار تن و ۷۲ میلیون و ۱۰۰ هزار تن به ترتیب در رتبه های دوم و سوم ایستادند. همچنین طی مدت یاد شده، ایالات متحده آمریکا با تولید ۶۴ میلیون و ۴۰۰ هزار تن، روسیه با تولید ۵۶ میلیون و ۴۰۰ هزار تن و کره جنوبی با تولید ۵۲ میلیون و ۹۰۰ هزار تن به ترتیب در رتبه های چهارم تا ششم قرار گرفتند. آلمان و ترکیه هر کدام با تولید ۲۹ میلیون و ۹۰۰ هزار تن به طور مشترک در رتبه هفتم ایستادند. از سوی دیگر برزیل با تولید ۲۷ میلیون و ۲۰۰ هزار تن جایگاه هشتم تولید جهانی فولاد را به خود اختصاص داد.

## همایش ها و نمایشگاه های خارجی در سال ۲۰۲۱ و ۲۰۲۲

ردیف	عنوان	تاریخ	محل
۱	کنفرانس ساخت مواد افزودنی فلز - MAMC 2021 چشم اندازهای صنعتی در فن آوری های افزودنی.	۳-۵ نوامبر	وین ، اتریش
۲	بیست و هفتمین نمایشگاه بین المللی صنعتی Metal-Expo '2021	۹-۱۲ نوامبر	مسکو ، روسیه
۳	پنجمین کنفرانس بین المللی ساخت افزایشی و مواد (ICAMM 2021)	۱۹ تا ۲۱ نوامبر	ماکائو ، چین
۴	دوازدهمین کنفرانس و نمایشگاه جهانی فولاد ضد زنگ ۲۰۲۱	۳۰ نوامبر - ۲ دسامبر	ماستریخت ، هلند
۵	سومین کنفرانس فولادی Instituto Argentino de Siderurgia (IAS) + نمایشگاه IAS ۲۰۲۱	۱-۲ دسامبر	روزاریو آرژانتین ... مجازی
۶	هشتمین نمایشگاه متال توکیو ۲۰۲۱	۸-۱۰ دسامبر	توکیو ، ژاپن
۷	نمایشگاه بین المللی فلزکاری و جوش - MashExpo Siberia 2022	۳۰ مارس - ۱ آوریل ۲۰۲۲	نوووسیبیرسک، روسیه
۸	دوازدهمین نمایشگاه بین المللی فولاد، فولادسازی، شکل دهی، ساخت و تکمیل فلزات - Metal & Steel Egypt 2022	۱۷-۱۹ مارس ۲۰۲۲	قاهره، مصر
۹	شانزدهمین کنفرانس بین المللی تحولات مارتنزیتی (ICOMAT 2022)	۱۳ تا ۱۸ مارس ۲۰۲۲	شهر ججو، کره جنوبی
۱۰	دوازدهمین کنفرانس بین المللی علم و مهندسی مواد - BraMat 2022	۹ تا ۱۲ مارس ۲۰۲۲	براشوف، رومانی
۱۱	بیستمین کنفرانس جهانی آزمایش های غیر مخرب (WCNDT 2022)	۲۸ فوریه - ۴ مارس ۲۰۲۲	اینچئون، کره جنوبی
۱۲	هشتمین کنفرانس و نمایشگاه آزمایش های غیر مخرب خاورمیانه افزایش کیفیت از طریق تحول دیجیتال	۳۰ ژانویه - ۲ فوریه ۲۰۲۲	منامه، بحرین
۱۳	هفتادمین کنگره ریخته گری هند و IFEX 2022	۲۰-۲۲ ژانویه ۲۰۲۲	بمبئی، هند
۱۴	نمایشگاه بین المللی فناوری فلزکاری میانمار MetalExpo Myanmar 2021 -	۱۰ تا ۱۳ دسامبر ۲۰۲۱	یانگون، میانمار
۱۵	بیست و یکمین نمایشگاه بین المللی فلزکاری، ماشین آلات CNC، ابزارهای صنعتی، تجهیزات جوش و برش - MacTech-2021	۹ تا ۱۲ دسامبر ۲۰۲۱	قاهره، مصر

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

# راه حل های ماسه ریخته گری

## عیوب ماسه

شیوا خاتمی زاده، انجمن علمی ریخته گری ایران  
khatamizadeshiva@gmail.com

ماشین	روش	فرایند
<p><b>تجهیزات مدل</b></p> <p>تلرانس ماهیچه ناکافی است فقدان گرده گوشه های تیز شیب ناکافی مدل فرورفتگی/مدل اسیب دیده</p> <p><b>میکسر</b></p> <p>مخلوط نامناسب / غیر یکنواخت</p> <p><b>درجه های قالب گیری</b></p> <p>ارتفاع نامناسب درجه بالایی ضخامت نامناسب ماسه در اطراف مدل</p>	<p><b>سیستم های راه گاهی</b></p> <p>جریان اشفته مذاب گوشه های تیز تعداد نامناسب راه بار "آهسته پر شدن" فرسایش ناخواسته / خرد شدن ماسه قالب گیری تراکم غیر یکنواخت قالب فیلتراسیون نامناسب</p>	<p>هر گونه تغییرات سیستم در حال انجام است؟ تمیز کردن نامناسب قالب قبل و بعد از ماهیچه گذاری مونتاز ماهیچه مجرای هواکش برای ماهیچه و قالب دمای ذوب ریزی بالا/پایین ذوب ریزینوسانی وضعیت درجه های قالب گیری ماسه چسبیده به مدل</p>
<p>ماسه سیلیس تازه ماسه بسیار ریز بنتونیت باکیفیت ضعیف ماهیچه ها ماهیچه های سخت نشده ماهیچه پلیسه گیری نشده ماهیچه های اصلی بزرگ فروپاشی زود هنگام مصرف بیش از حد یا کمتر از مواد افزودنی</p>	<p>مصرف بالای ذرات بی اثر خاک فعال کم سازگاری کم شکنندگی بالا رطوبت کم GCS پایین دمای بالای ماسه</p>	<p>کلوخه ماسه وضعیت میکسر خاک رس گلوله شده</p>
<b>مواد</b>	<b>خواص</b>	<b>سایر موارد</b>

عیوب ماسه





شکل ۱

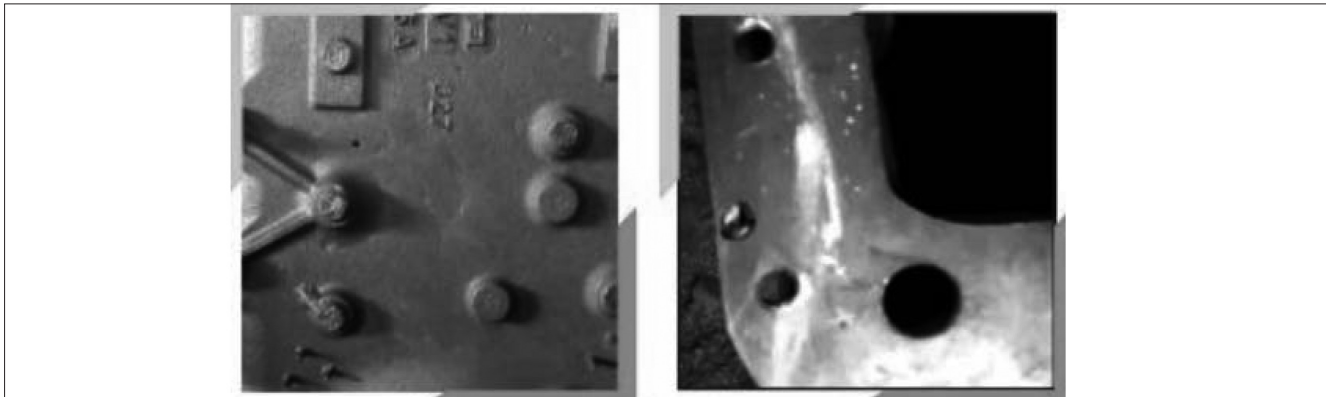
## راه حل

۱. بررسی کنید که آیا اخیراً تغییرات سیستمی در فرآیند ایجاد شده است یا خیر؟
۲. علائم فشار قالب را بررسی کنید و در صورت لزوم، پدهای فشار را جابجایی کنید.
۳. صفحات مدل را ارتقا دهید، گرده و شیب های مدل را افزایش دهید، در صورت لزوم از پودر جداکننده استفاده کنید.
۴. خط قالب گیری و تخلیه کنترل شود و در صورت نیاز تعمیر گردد.
۵. از فشردگی یکنواخت ماسه در قالب مطمئن شوید و تراکم بیش از حد قسمت هایی از ماسه قالب خودداری کنید.
۶. از سلامت شکل ظاهری ماهیچه، تمیزی و مونتاژ صحیح ماهیچه مطمئن شوید.
۷. استقرار صحیح ماهیچه و تمیزی قالب قبل و بعد از جاگذاری ماهیچه گذاری شوید.
۸. از ضخامت کافی دیواره بین قالب و درجه اطمینان حاصل کنید.
۹. قابلیت تراکم پذیری و انعطاف پذیری ماسه را بالا ببرید.
۱۰. رطوبت مناسب ماسه را حفظ کنید و دمای ماسه را کاهش دهید تا شکنندگی قالب را کاهش دهید.
۱۱. مقدار بنتونیت و زمان مخلوط شدن تران با ماسه را افزایش دهید
۱۲. ماسه بسیار ریز / گرد و غبار را کاهش دهید تا ماسه کلوخه و گلوله شده کمتر شود.
۱۳. استحکام ماهیچه را افزایش دهید، از مناسب چسب استفاده کنید از چسب هایی که باعث فروپاشی زودرس می شود پرهیز کنید.
۱۴. از قطع و وصل بارریزی و سرعت بالای آن و تاثیر منفی آن بر دیواره قالب پرهیز کنید.
۱۵. از حذف سرباره و فیلتر کردن مناسب ذوب اطمینان حاصل کنید.

## حفره گازی

فرآیند	روش	دستگاه
<p>هر گونه تغییر سیستمی در حال انجام است؟</p> <p><b>فلز</b></p> <p>انحلال بالای گاز</p> <p>سرباره مذاب در فلز</p> <p>مقدار الومینیوم بالای موجود در شارژ</p> <p>فلز اکسید شده</p> <p><b>ماهیچه ها</b></p> <p>ماهیچه سخت نشده</p> <p>ماهیچه های نامناسب تعمیر شده</p> <p>تولید بالای گاز از چسب ماهیچه</p> <p>سیستم نامناسب خروج گاز ماهیچه</p> <p>استفاده بیش از حد از چسب ماهیچه</p> <p>پوشان پخته نشده ماهیچه</p>	<p><b>سیستم راه گاهی</b></p> <p>تلاطم در جریان مذاب باعث جذب گاز می شود</p> <p>برخورد جریان های اشفته مذاب</p> <p>کنترل نامناسب سرباره</p> <p>طراحی نامناسب خروجی هوا</p> <p>فشار نامناسب متالواستاتیک مذاب</p> <p>راه گاه بارریز و تغذیه بسیار نزدیک به دیواره قالب</p> <p>قالب گیری</p> <p>عدم تطابق هواکش قالب و هواکش ماهیچه</p>	<p><b>درجه های قالب گیری</b></p> <p>ارتفاع نامناسب درجه بالایی</p> <p><b>تجهیزات مدل</b></p> <p>طول نامناسب تکیه گاه ماهیچه</p> <p>مجرای ناکافی خروج هوا در خط جدایش</p> <p><b>میکسر</b></p> <p>مخلوط کردن نامناسب</p> <p>تراکم غیر یکنواخت قالب</p>
<p>بارریزی</p> <p>بارریزی سریع / آهسته</p> <p>ذوب ریزی با اختلال</p> <p>هواکش</p> <p>هواکش بسته شده قالب</p> <p>بسته شدن هواکش قالب در اثر ذوب ریزی</p> <p>مکش هوا از طریق هواکش</p> <p>کلوخه های ماسه</p> <p>خاک رس کلوخه شده</p>	<p>خاک رس فعال بالا</p> <p>ذرات خنثی کم/زیاد</p> <p>رطوبت بالا</p> <p>نفوذپذیری کم</p> <p>دمای بار ریزی پایین</p> <p>مواد فرار زیاد/ بخار اب بالای قالب</p>	<p>قراضه زنگ زده، روغنی، رنگ شده</p> <p>چاپلت زنگ زده / بدون پوشش قلع چاپلت ها</p> <p>مبردهای زنگ زده</p> <p>مبردهای پوشش داده نشده و یا بیش از حد پوشش داده شده</p> <p>مواد افزودنی بیش از حد یا کمتر از حد نیاز</p>
<b>سایر موارد</b>	<b>خواص</b>	<b>مواد</b>

### حفره انقباضی



شکل ۲

## راه حل

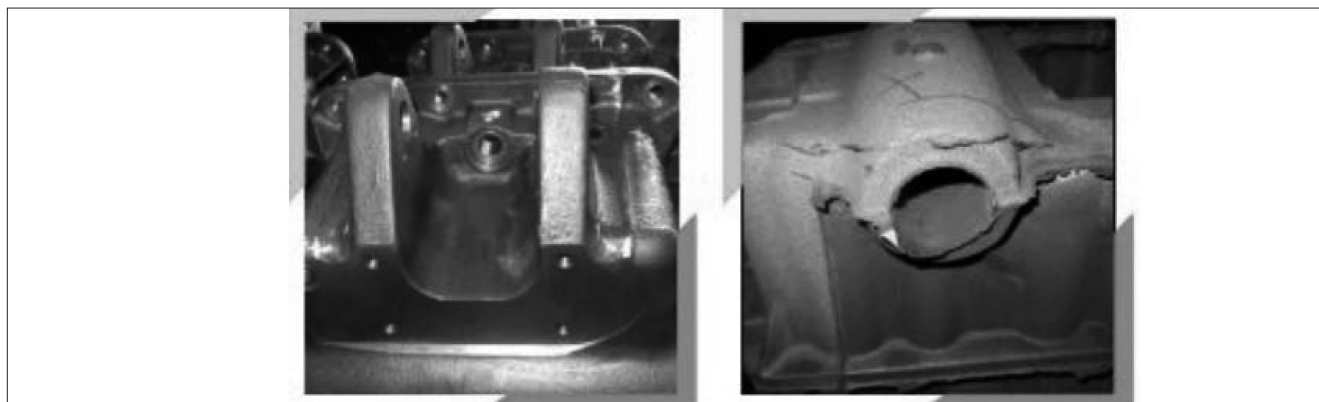
۸. اجتناب از کربن کم یا کربن معادل پایین (دمای ذوب‌ریزی بالاتر)
۹. برای جلوگیری از تلاطم مذاب از فیلترکردن فلزی استفاده کنید و از سرباره گیری اطمینان حاصل کنید.
۱۰. کنترل درصد رطوبت ماسه قالب گیری، ذرات خنثی، LOL و VM، نفوذپذیری ماسه قالب گیری.
۱۱. از مبردهای زنگ‌زده/بدون پوشش/چپلت های بدون روکش استفاده کنید.
۱۲. گلوله های رسی را از سیستم حذف کنید(الک کردن)
۱۳. از سیستم راه گاهی مناسب بدون ایجاد جریان اشفته استفاده کنید تا باعث مکش هوا نشود.
۱۴. از پاتیل های سرد و میله های سرباره گیر سرد استفاده نکنید.
۱۵. از ضخامت بیش از حد پوشان ماهیچه/ قالب پیشگیری نمایید.

۱. بررسی کنید که هر گونه تغییر سیستمیک در فرآیند به طور کامل انجام شده است.
۲. از تولید بیش از حد گاز، در اثر استفاده از قراضه(قراضه پوشش داده شده با رنگ، عناصر آزاد و روغنی) خودداری کنید و مواد روغنی).
۳. از چسب اضافی در ماهیچه یا ماسه قالب گیری خودداری کنید. از استفاده ماهیچه های سخت نشده خودداری کنید.
۴. از سرعت ذوب ریزی صحیح (نه خیلی سریع / آهسته) استفاده کنید و از بارریزی مذاب سرد (سیالیت کم) خودداری کنید.
۵. پرهیز از تغییر در ارتفاع و سرعت بارریزی.
۶. از تمیز بودن مناسب قالب ها و کانال های خروج هوای ماهیچه اطمینان حاصل کنید.
۷. از سوراخ کاری مناسب ماهیچه(هواکش) و از انطباق مناسب ماهیچه اطمینان حاصل نمایید.

## تورم قالب | عیوب بزرگ قطعات ریخته‌گری

فرایند	روش	دستگاه
<p>هر گونه تغییر سیستمی دارد در حال انجام است؟</p> <p>جفت شدن نامناسب قالب فلز</p> <p>دمای بالای بار ریزی</p> <p>ارتفاع بالای بار ریزی (فشارم탈واستاتیکیبار ریزی بالا)</p>	<p><b>تجهیزات مدل</b></p> <p>تراکم کم ماسه</p> <p>درجه بالایی محکم نشده</p> <p>خط جدایش اشتباه</p> <p>صفحه مدل تاب دار</p> <p>مدل فرسوده / آسیب دیده</p>	<p><b>میکسر</b></p> <p>مخلوط نامناسب / غیر یکنواخت</p> <p>ماشین قالب گیری</p> <p>تراکم غیریکنواخت قالب</p> <p>صفحه فشاردهنده تاب دار</p> <p>صفحات مدل ناهموار / تابدار / شکسته</p> <p><b>درجه های قالب گیری</b></p> <p>درجه های قالب گیری صلب سخت</p> <p>درجه های قالب گیری تابیده</p> <p>ارتفاع نامناسب تای رویی</p> <p>ضخامت کم دیواره ماسه‌قالب</p>
<p>کلوخه ماسه</p>	<p>ذرات خنثی بالا</p> <p>رطوبت بالا</p> <p>GCS پایین / GSS</p> <p>تراکم پذیری بالا</p> <p>خاک رس‌فعال پایین</p>	<p>مصرف بیش از حد یا کمتر از مواد افزودنی</p> <p>ماهچه‌ها</p> <p>طول ناکافی تکیه گاه ماهیچه برای تحمل</p> <p>وزن</p> <p>بنتونیت</p> <p>کیفیت پایین بنتونیت</p> <p>فلز</p> <p>انبساط بالای فلز</p>
<p><b>موارد دیگر</b></p>	<p><b>خواص</b></p>	<p><b>مواد</b></p>

### تورم قالب



شکل ۳

## راه حل

۱. بررسی کنید که هر گونه تغییر سیستمی در فرآیند اخیرا ایجاد شده است،
  ۲. بهبود قابلیت سرد شدن ماسه قالب گیری.
  ۳. بهبود توزیع ماسه اولیه قبل از تراکم. در صورت لزوم فشار را افزایش دهید
  ۴. کاهش تراکم پذیری ماسه.
  ۵. از رطوبت زیاد، GCS کم، خاک رس فعال کم و ذرات خنثی بالا در ماسه اجتناب کنید
  ۶. تراکم ماهیچه ها را بهبود بخشید.
  ۷. از تهویه مناسب قالب ها اطمینان حاصل کنید.
  ۸. جلوگیری از دما و ارتفاع بار ریزی بالا
۹. از جفت شدن مناسب درجه های قالب گیری مطمئن شوید.
  ۱۰. از ضخامت مناسب دیواره قالب بین مدل و درجه ها اطمینان حاصل کنید.
  ۱۱. در صورت لزوم، درجه اشباع چدن به منظور کم کردن از انبساط گرافیت را کاهش دهید.
  ۱۲. کاهش فشار متالواستاتیک
  ۱۳. از طراحی هایی که باعث تراکم کم ماسه شود پرهیز کنید.
  ۱۴. اطمینان از مناسب بودن طول تکیه گاه و پرهیز از سطح ماهیچه بدون چپلت
  ۱۵. عدم استفاده از صفحه قالب تاب دار، جعبه ماهیچه تاب دار و صفحات اعمال فشار تاب دار.

## فرسایش قالب

### زخمه

ماشین	روش	روند
<p><b>ماشین قالب گیری</b></p> <p>تراکم غیریکنواخت قالب</p> <p><b>تجهیزات مدل</b></p> <p>تغییر ناگهانی در ضخامت مدل</p> <p>عدم گرده گذاری مناسب در محل اتصال راه باره ها در سطح جدایش</p> <p><b>میکسر</b></p> <p>مخلوط نامناسب خاک رس و آب</p> <p>دمای پایین ماسه</p>	<p><b>سیستم راه گاهی</b></p> <p>راه بار نازک</p> <p>سرعت ذوب ریزی آهسته</p> <p>تمرکز حرارتی محل اتصال راه بار به قالب</p> <p>ضربه مستقیم ریزش مذاب به سطح قالب یا ماهیچه</p> <p>مناطق داغ قالب</p> <p>محل و جهت راه باره ها</p>	<p>هر گونه تغییر سیستمی در حال انجام است؟</p> <p><b>فلز</b></p> <p>دمای بار ریزی بالا</p> <p>بار ریزی نوسانی</p> <p>ماهیچه ها</p> <p>پوشش ضعیف ماهیچه</p> <p>خودگیری ضعیف ماهیچه</p> <p>رطوبت بیش از حد در ماهیچه</p>
<p>ماسه سیلیسی تازه</p> <p>تغییر فرم داغ پایین ماسه</p> <p><b>بنتونیت</b></p> <p>کیفیت ضعیف</p> <p>مصرف بیش از حد یا کمتر، از مواد افزودنی</p>	<p>ذرات ریز خنثی بالا</p> <p>رطوبت بالا</p> <p>WTS کم</p> <p>LOI بالا</p> <p>شماره AFS بالا (عدد ریزی)</p> <p>سختی قالب کم / زیاد</p> <p>خاک رس فعال پایین</p>	<p>وجود ذرات فلزی نزدیک دیواره ی قالب</p>
<b>مواد</b>	<b>خواص</b>	<b>سایر موارد</b>

## فرسایش قالب زخمه





شکل ۴

## راه حل

۷. از افت استحکام تر ماسه با اطمینان از کیفیت بنتونیت جلوگیری

کنید.

۸. اجتناب از بار ریزی آهسته / متناوب و دمای بار ریزی بالا.

۹. اصلاح سیستم راه گاهی به منظور داغ شدن یکنواخت ماسه

قالب، کاهش سرعت بار ریزی و جلوگیری از برخورد مذاب به صورت

مستقیم به ماهیچه.

۱۰. از داشتن شعاع مناسب گرده در نزدیکی راه بارها در سطح

جدایش اطمینان حاصل نمایید.

۱۱. از سختی مناسب قالب اطمینان حاصل کنید.

۱۲. از ضخامت بالای پوشان، شسته شدن پوشش ماهیچه و

خودگیری ضعیف ماهیچه و رطوبت بالای ماهیچه جلوگیری نمایید.

۱۳. از وجود پلیسه فلزی در نزدیکی سطح محفظه قالب جلوگیری

نمایید.

۱. بررسی کنید که آیا اخیراً تغییر سیستمی در فرآیند ایجاد شده

است یا خیر.

۲. خاک فعال، مواد فرار را افزایش دهید و از ماسه ریزتر استفاده

کنید (شماره GFN بالاتر).

۳. دمای ماسه برگشتی را به زیر ۴۵ درجه سانتیگراد (خنک

کننده ماسه) برسانید و جهت ارتقای بنتونیت ماسه برگشتی را

مرطوب کنید.

۴. از ماسه سیلیکات تازه با خاصیت تغییر فرم داغ بالا استفاده

کنید.

۵. افزایش زمان ترشوندگی ماسه، مخلوط کردن یکنواخت ماسه

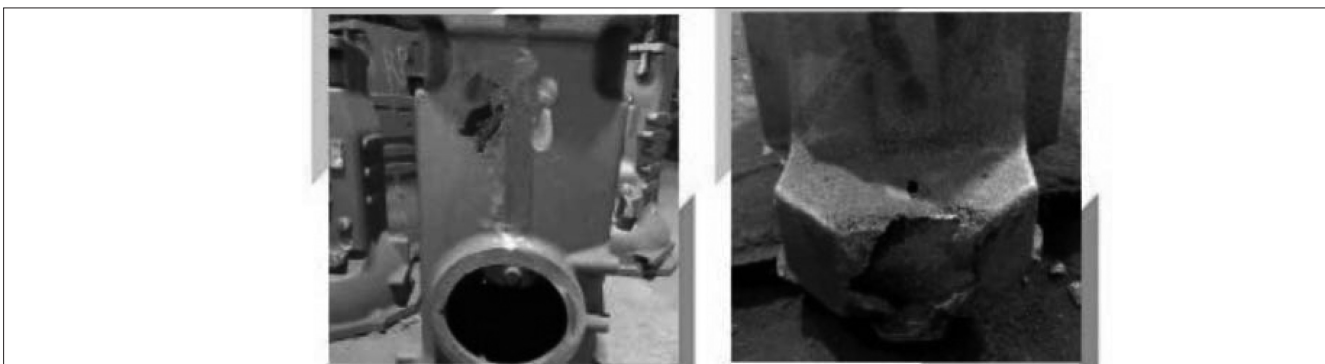
توسط میکسر برای فشردگی یکنواخت ماسه قالب

۶. بهبود جریان ماسه با کنترل رطوبت.

## شکست قالب

دستگاه	روش	فرایند
<p><b>درجه های قالب گیری</b> جفت شدن غیریکنواخت خراب پین های اتصال و سوراخ های اتصال درجه اسیب درجه ی قالب گیری</p> <p><b>ماشین قالب گیری</b> فشرده گیناکافی ماسه قالب ضربه پایین لرزش کم عدم پر شدن یکنواخت قالب لق بودن بستر صفحه ی قالب گیری خروج مدل از قالب بارگذاری سنگین روی قالب</p>	<p><b>تجهیزات مدل</b> شیب نامناسب مدل آسیب مدل مدل زنگ زده هواکش نامناسب مدل تمیز کردن هواکش</p>	<p>تغییرات سیستمی در حال انجام است؟ ماهیچه ها ماهیچه گذاری نامناسب عدم انطباق ماهیچه</p>
<p>مقدار پودر جدایش ناکافی بیش از حد یا کمتر از دوز مواد افزودنی بنتونیت با کیفیت ضعیف</p>	<p>مقدار گرد و غبار بالا جریان/تراکم پذیری کم ماسه رطوبت کم خاک رس فعالکم استحکام پایین ماسه استحکام برشی و فشاری تر پایین ماسه سختی پایین قالب</p>	<p>مخلوط نامناسب جابه جایی خشن اسیب مکانیکی قالب</p>
<b>مواد</b>	<b>خواص</b>	<b>سایر موارد</b>

### ترک و شکستگی قالب



شکل ۵

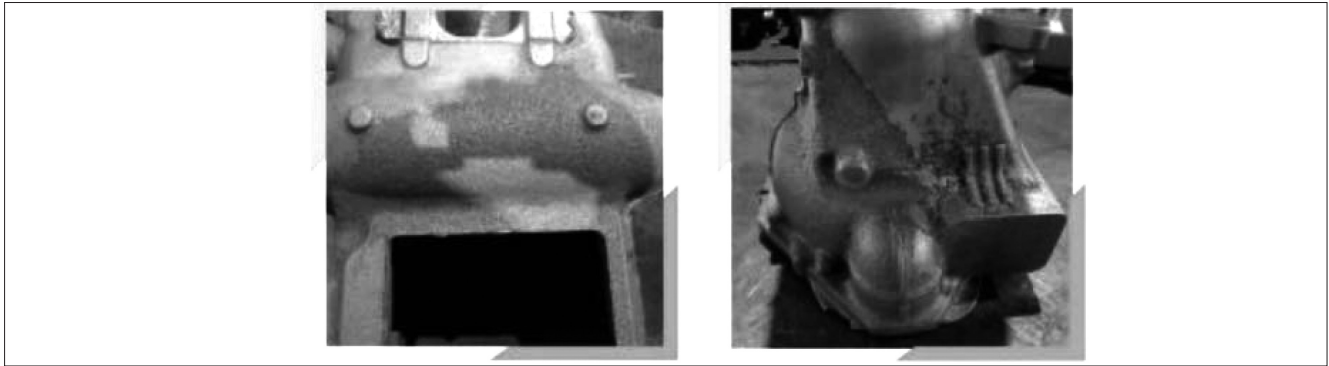
## راه حل

۱. بررسی کنید که آیا اخیراً تغییر سیستمی در فرآیند ایجاد شده است یا خیر.
  ۲. بهبود خروج مدل از قالب در صورت لزوم و استفاده از پودر جداکننده
  ۳. افزایش شیب مدل و قالب
  ۴. توزیع یکنواخت ماسه در سرتاسر درجه
  ۵. از فشردگی یکنواخت / کافی قالب ها اطمینان حاصل کنید.
  ۶. انعطاف پذیری ماسه و تراکم پذیری را بهبود بخشید.
۷. بهبود قابلیت سیلان ماسه قالب گیری.
  ۸. مقدار گرد و غبار را کاهش دهید.
  ۹. با اطمینان از عملکرد خنک کننده ماسه، دمای ماسه برگشتی را کاهش دهید.
  ۱۰. افزایش خاک رس فعال و ارتقای بنتونیت در ماسه با بالا بردن رطوبت.
  ۱۱. جلوگیری از کلوخه شدن ماسه.
  ۱۲. اطمینان از استقرار صحیح ماهیچه و جلوگیری از عدم انطباق آن.

### چسبندگی ماسه / نفوذ در ماسه / ماسه سوزی

دستگاه	روش	فرایند
<p><b>تجهیزات مدل</b></p> <p>گوشه های تیز پخ کاری نامناسب روی راه باره ها در سطح جدایش سطح زبر مدل مخلوط نامناسب خاک و آب</p> <p><b>میکسر</b></p> <p>ماسه با درجه حرارت نامناسب هوادهی نامناسب</p>	<p><b>سیستم راه گاهی</b></p> <p>ایجاد مناطق داغ بوسیله طراحی سیستم راه گاهی سرعت بالای مذاب در راه باره فشار و ارتفاع بالای بار ریزی در بدلیل ارتفاع درجه بالای سرعت بار ریزی آهسته نسبت راه گاهی نادرست تغذیه بزرگ تر از اندازه</p>	<p><b>هر گونه تغییرات سیستمی دارد در حال انجام است؟</b></p> <p>فلز دمای بار ریزی بالا ذوب ریزی نوسانی ذوب ریزی آرام</p> <p><b>ماهیچه ها</b></p> <p>ماهیچه های متخلخل با تراکم کم ماهیچه ها بیش یا کمتر از حد سفت شده اند. رطوبت بیش از حد در ماهیچه</p>
<p>مصرف بیش از یا کمتر حد از مواد افزودنی ماسه سیلیس تازه مواد با کربنات بالا <math>CaCO_3</math> در ماسه خواص مقاومت به تغییر شکل داغ کم ماسه نقطه تفجوشی پایین ماسه GFN کم (عدد ریزی) = ماسه زبر و درشت افزودنی های کربنی بنتونیت با کیفیت پایین بنتونیت با میزان <math>Fe_2O_3</math> (اکسید آهن) بالا</p>	<p>LOI کم ذرات بی اثر بالا توزیع نادرست ماسه روی الک GFN پایین مقاومت فشاری داغ پایین درصد رطوبت خیلی زیاد یا خیلی کم استفاده بیش از حد از پودر جداکننده مدل از قالب نفوذپذیری بالای ماسه</p>	<p>پرهیز از هرگونه ذره فلزی (پلیسه) در کنار محفظه قالب</p>
مواد	خواص	سایر موارد

### ماسه سوزی



شکل ۶

### راه حل

۱. بررسی کنید که آیا اخیراً تغییر سیستمی در فرآیند ایجاد شده است یا خیر.
۲. افزایش درصد کربن براق.
۳. در صورت لزوم ذرات خنثی را کاهش دهید، و ماسه نو اضافه کنید.
۴. از فشردگی مناسب قالب اطمینان حاصل کنید.
۵. درصد خاک فعال را کاهش دهید، در صورت لزوم مقدار بنتونیت را کاهش دهید.
۶. از ماسه سیلیس خالص تر با قابلیت دیرگدازی بهتر استفاده کنید و از نفوذپذیری بالا / GFN کم خودداری کنید.
۷. از رطوبت زیاد/کم اجتناب کنید.

۷. از کیفیت بنتونیت ( $Fe_2O_3$  کم) اطمینان حاصل کنید.
۸. از استفاده بیش از حد از پودر جدا کننده خودداری کنید.
۹. کاهش نرخ ذوب ریزی، کاهش دمای مذاب و جلوگیری از ذوب ریزی نوسانی.
۱۰. طراحی مناسب سیستم راه گاهی برای توزیع یکنواخت مذاب تا از تمرکز حرارتی و تلاطم و سرعت بالای ذوب جلوگیری گردد.
۱۱. ارتفاع ذوب ریزی مناسب از پاتیل تا درجه بالایی.
۱۳. جلوگیری از مدل ها با سطح زبر و تجهیزات قالب گیری که پلیسه را افزایش می دهد.
۱۴. از گوشه های تیز (و شعاع ناکافی پخها در خط جدایی) اجتناب کنید.
۱۵. از ماهیچه های متخلخل و سخت نشده استفاده نکنید.

## پرسش و پاسخ

### ■ کاربرد اپسیلون چیست؟

کاربرد اپسیلون یک کاربرد انتقالی است که بین ترکیب  $Fe_2C$  و  $Fe_3C$  قرار دارد، با ریزساختار هگزگونال فشرده، که در محدوده دمای بیش از  $250^{\circ}C$  تا  $400^{\circ}C$  در جریان استحاله بینایت پایینی به وجود می آید. این استحاله در حین برگشت فولدهای کوئنچ شد، یا در حین خنک شدن آهسته، در آن محدوده دما اتفاق می افتد. این کاربرد ظریف در یک زمینه سوزنی فریتی پراکنده است. اما معمولاً بینیت پایین سختی کمتری نسبت به مارتنزیت دارد (حدود ۵۱٪)، اما از چقرمگی بیشتری برخوردار است.

### ■ خصوصیات و کاربرد فولاد منگنزی چیست؟

فولاد آلیاژی از آهن و کربن بوده که از فاز آهن و کاربیدهایی آهن تشکیل شده است. فولاد خام تولید شده از آهن حاوی مقدار ناخواسته ای از اکسیژن و مقداری گوگرد است. منگنز به دلیل دو خاصیت مهم نقش مهمی دارد. ۱. توانایی ترکیب با گوگرد و ۲. ظرفیت بالای اکسیدزدایی. هنگامی که منگنز کافی نباشد، گوگرد با آهن ترکیب می شود و یک سولفید با نقطه ذوب کم ایجاد می کند، که در دمای نورد گرم ذوب می شود و باعث ایجاد یک پدیده ترک در سطح معروف به «ترک گرم» می شود. فرآیندهای گوگرد زدایی از این نظر نیاز به منگنز را کاهش می دهد. حدود ۳۰ درصد منگنز که امروزه به کار می رود، هنوز هم به دلیل خواص آن به عنوان یک تشکیل دهنده سولفور و از بین برنده اکسیدزدا استفاده می شود. ۷۰ درصد دیگر به طور خالص به عنوان یک عنصر آلیاژی استفاده می شود. این کاربردهای آلیاژی به خصوصیات مطلوب فولاد ساخته شده بستگی دارد. همانطور که اشاره شد، فولاد حاوی آهن و کربن است. در دمای اتاق، آهن به یک ساختار مکعب با اتم در مرکز به نام آلفا آهن (فریت)

متبلور می شود. در دمای بالا (بالتر از  $910^{\circ}C$  درجه سانتیگراد)، ساختار به شکل مکعب با اتم در سطوح تبدیل می شود، که به آن آهن گاما (آستنیت) گفته می شود. هنگامی که فولاد به آرامی

خنک می شود، کربن محلول در آستنیت به صورت کاربید آهن بنام سمانیت رسوب می کند، آستنیت به فریت تبدیل می شود و در یک ساختار لایه ای مشخص به نام پرلیت رسوب می کند.

### ■ توضیح متالورژی اثرات کروم، نیکل، مولیبدن و کربن در فولادهای ضد زنگ چیست؟

عناصر آلیاژی در فولادهای ضد زنگ را می توان به ۲ دسته اصلی تقسیم کرد: تثبیت کننده آستنیت و فریت. تثبیت کننده آستنیت باید در فولادهای ضد زنگ آستنیتی و همچنین مارتنزیتی وجود داشته باشند (آستنیت در دمای باینل فاز اولیه برای هر دو دسته است اگرچه برای گروه دوم، قبل از خنک شدن تا دمای اتاق، آستنیت به مارتنزیت تبدیل می شود). به منظور تثبیت آستنیت در دمای آنیل، نسبت تثبیت کننده های آستنیت به فریت باید زیاد باشد. قوی ترین تثبیت کننده های آستنیت  $Ni, Mn, C, N$  و  $Cu$  هستند در حالی که عناصری مانند  $Ti, Nb, Si, Cr$  و  $Mo$  مهمترین تثبیت کننده های فریت هستند. دو برابر بودن با نسبت کروم معادل، یک روش موثر برای تعیین کمیت تمایل تشکیل آستنیت در فولاد های ضد زنگ است. معادلات مختلفی برای کروم معادل و نیکل معادل وجود دارد که یکی از عبارات به این شکل است:

$$Nieq = Ni + 0.3Mn + 22C + 14.2N + Cu \quad \text{و} \quad Creq = Cr + 1.37Mo + 1.5Si + 2Nb + 3Ti).$$

### ■ تفاوت نمودارهای IT با CT در عملیات حرارتی فولادها چیست؟

نمودارهای درجه حرارت ثابت (IT) و تبدیل پیوسته (CT) نمودارهایی هستند که برای سنتیک استحاله فازی استفاده می شوند و در عملیات حرارتی فولادها کاربرد گسترده ای دارند. در این نمودارها که به طور کلی (TTT). Time.Temperature.Transformation. نامیده می شوند، محور افقی زمان در مقیاس لگاریتمی و محور عمودی مختصات دما است. منحنی های C شکل، شروع و پایان استحاله های نفوذی مانند پرلیت یا تشکیل بینایت یا رسوب کاربیدها را نشان



می دهد + نمودار IT نشان می دهد هنگامی که فولاد برای مدت طولانی در دمای ثابت نگه داشته می شود چه اتفاقی می افتد. توسعه ریزساختار با گذشت زمان می تواند با نگه داشتن نمونه های کوچک در وان حمام سرب یا نمک و کوئنچ کردن آنها پس از افزایش زمان نگهداری و اندازه گیری میزان فازهای تشکیل شده در ریزساختار با کمک میکروسکوپ انجام شود. یک روش جایگزین شامل استفاده از یک نمونه واحد و یک دیلاتومتر است که از دیاد طول نسبی نمونه را به عنوان تابعی از زمان ثابت می کند. اساس روش دیلاتومتر این است که اجزای میکروسکوپی ترکیبات، تحت تغییرات حجمی مختلف قرار می گیرند و بنابراین می توان شروع تحولات را تشخیص داد.

### ■ چگونه می توانید طلا را از جیوه (Hg) جدا کنید؟

Au و Hg دو فلز جداگانه هستند. بنابراین، از جیوه خالص نمی توانید طلا استخراج کنید. ادغام برای سنگ معدنی که طلا در حالت آزاد و هم بسته است مناسب ترمی باشد. ذرات ریز طلا توسط سیانید کردن بهتر استخراج می شوند. طلا در مخلوطی از تیزاب سلطانی، اسید کلریدریک و اسید نیتریک حل می شود در حالی که اسیدها به تنهایی ممکن نیست. در اینجا می بینیم که هر یک از اسیدها به طور جداگانه هیچ تأثیری بر روی طلا ندارند اما مخلوطی از این دو به طرز قابل توجهی با طلا واکنش نشان می دهد. به سه نمونه طلا اضافه می شود. اسید کلریدریک غلیظ، اسیدهای کلریدریک غلیظ و نیتریک غلیظ و اسید نیتریک غلیظ. طلا فقط با مخلوط اسید غلیظ که از آن به عنوان (تیزاب سلطانی) یاد می شود واکنش نشان می دهد.

### ■ ایزوتروپیک چه معنی دارد آهن و فولاد با آن چه ارتباطی دارند؟

آهن فلزی دارای ساختار بلوری چندگانه است. هر ساختار در دامنه ای از دما پایدار است، به عنوان مثال آهن با ساختار bcc در محدوده ۱۵۳۸ الی ۱۳۹۴ درجه سانتی گراد به آهن گاما با fcc ساختار در محدوده ۹۱۲ الی ۱۳۹۴ درجه سانتی گراد تغییر می یابد و برای سخت شدن فلز، از این ویژگی آهن استفاده می شود.

### ■ منابع تشکیل حباب های گازی در آلومینیوم و آلیاژهای آنرا بنویسید؟

آلومینیوم فلزی است که بخصوص در حالت مذاب قابلیت فعل و انفعال شیمیایی و حلالیت فیزیکی با بسیاری از عناصر را دارد. این عنصر به سهولت نسبت به مواد محیط خود مانند هوا، محصولات سوخت، قالب، مواد آلیاژی و سایر عناصر که برای مقاصد خاص به آن افزوده می گردد، واکنش نشان می دهد. نتایج این واکنشها به صورت ترکیبات فلزی، ترکیبات غیر فلزی یا همان آخالها و گازهای حاصل و تخلخل در قطعه ریخته شده، ظاهر می شوند که هر یک به نوعی خواص مکانیکی و ریخته گری فلز را تقلیل می دهند. در درجه حرارت ذوب آلومینیوم، فعل و انفعالات شیمیایی مختلف

بین مواد اکسیدی و ترکیبات مختلف و آلومینیوم و مواد آلیاژی آن انجام می گیرد که حاصل آن به صورت مواد جامد غیر فلزی (اکسیدی) یا حباب های گازی در قطعه باقی می ماند.

اکسیژن هوا و همچنین ازت موجود در آن مهم ترین منشأ وجود ترکیبات غیر فلزی در مذاب آلومینیوم هستند. تمام عناصر حاصل از فعل و انفعال در حالت مذاب جامد بوده و در مذاب شناور می شوند و به صورت مواد مذاب ناخواسته غیر فلزی در قطعه معایبی را ایجاد می کنند. بخار آب از هر منبعی که حاصل شود با آلومینیوم مذاب و مواد آلیاژی آن ترکیب می شود که نتیجه آن علاوه بر ترکیبات اکسیدی، وجود هیدروژن به صورت اتمی می باشد که در مذاب حل می گردد.

مواد نسوز مورد استفاده در صنایع آلومینیوم بیشتر از انواع گرافیت و ترکیبات سیلیسی می باشد تا امکان ترکیبات مختلف را کاهش دهد. مواد نسوز، اغلب از طریق مکانیکی شکسته و به مذاب آلومینیوم افزوده می شود ولی در درجه حرارت های ذوب نیز وجود فعل و انفعالات امکان پذیر می باشد. هیدروژن تنها گاز قابل حل در آلومینیوم مذاب می باشد و به دلیل آنکه حلالیت آن در حالت جامد بسیار کم است، گازهای خارج شده از حلالیت به صورت حباب در قطعه ریخته شده خواص مکانیکی مواد را به شدت تقلیل می دهند. هیدروژن از طریق بخار آب یا به صورت هیدروژن در هوا با مذاب آلومینیوم واکنش می دهد.

### ■ روشهای گاز زدایی آلومینیوم و آلیاژهای آنرا توضیح دهید؟

گازهای محلول در مذاب آلومینیوم بعد از انجماد به دلیل تنش سطحی مذاب و عدم امکان خروج کامل به صورت حباب های با اندازه های مختلف در قطعه ریخته شده باقی می ماند که خواص مکانیکی و وزن مخصوص قطعه را شدیداً کاهش می دهند. در مورد ذوب آلیاژهای آلومینیوم، هیدروژن تنها گازی است که به صورت محلول در مایع و حباب در جامد ظاهر می گردد و از این رو عملیات گاز زدایی (هیدروژن زدایی) در ذوب آلومینیوم و آلیاژهای آن از اهمیت خاص برخوردار است که بصورت های زیر انجام می گیرد.

#### الف) کاهش فشار خارجی

میزان حلالیت هیدروژن در مذاب آلومینیوم به درجه حرارت و فشار خارج (نسبت به فشار داخل) بستگی دارد و همین امر پایه و اساس گاز زدایی آلومینیوم را تشکیل می دهد. به عبارت دیگر، هرچه فشار خارجی محیط اطراف مذاب بیشتر باشد. میزان گاز بیشتری در مذاب حل خواهد شد. از طرف دیگر هرچه فشار محیط خارجی مذاب کاهش یابد، مقدار گاز کمتری در مذاب حل می شود. این پدیده به قانون سیورس معروف است. با توجه به این قانون، می توان نتیجه گرفت که اگر فشار خارجی محیط اطراف مذاب کاهش یابد، گازهای حل شده از حالت اتمی خارج شده و به حالت مولکولی یا حباب گازی در می آیند. به عبارت دیگر حلالیت گاز در مذاب کاهش می یابد. با توجه به این موضوع، اگر مذاب تحت شرایط خلأ قرار گیرد، چون فشار محیط اطراف مذاب به شدت کاهش یافته، گازهای حل شده

### ● استفاده از گازهای فعال

در این روش از گازهای فعال نسبت به مذاب، که با مذاب وارد واکنش شیمیایی می‌شوند، استفاده نمود. هنگامی که این گازها، وارد مذاب می‌شوند با مذاب ترکیب شده و یک گاز جدید را در مذاب تولید می‌کنند. گاز تولید شده، نسبت به مذاب بی اثر یا خنثی است و مانند گازهای بی اثر، گاز زدایی مذاب را انجام می‌دهد. به عنوان مثال، گاز کلر نسبت به مذاب آلومینیم فعال می‌باشد اگر به گاز کلر مذاب آلومینیم تزریق شود، با مذاب آلومینیم وارد واکنش شده کلرید آلومینیم را تشکیل می‌دهد.

### ● استفاده از ترکیبات گازهای فعال

در این روش ترکیبات این گازها که به صورت جامد یا مایع بوده در اثر تماس با مذاب، تجزیه می‌شوند و گازهای مورد نیاز برای گاز زدایی مذاب را فراهم می‌نمایند. به عنوان مثال به جای استفاده از گاز کلر می‌توان از ترکیبات کلر مانند هگزاکلرواتان، تتراکلروکربن و نمک‌های کلر استفاده کرد. این ترکیبات، در مذاب آلومینیم تجزیه می‌شوند، کلر آن‌ها با آلومینیم ترکیب می‌شود و گاز کلرید آلومینیم را تولید می‌کند که از آن می‌توان برای گاز زدایی مذاب آلومینیم استفاده نمود.

کرنش ناشی از اعوجاج یک اتم محلول در صورت قرار گرفتن در یک منطقه ساختاری که در آن پارامتر شبکه محلی به پارامتر موضعی بلوری محلول با پارامتر شبکه حلال نزدیک باشد می‌تواند آزاد شود. چنین شرایطی می‌تواند با تجمع اتم‌های محلول در محل نابجایی‌ها به وجود آید. در محل‌هایی که باز هستند اتم‌های محلول به روش جانشینی بیشتر و در محل‌های متراکم، اتم‌های کمتری قرار می‌گیرند. اتم‌های کوچک نیز در محل‌های بین نشینی در نیم صفحه‌ی پایینی بلور تجمع می‌کنند. بنابراین در حالی که نابجایی‌ها و اتم‌های محلول در شبکه بلوری حضور دارند واکنش متقابل زمینه تنش می‌تواند به وجود آید و در نتیجه انرژی کرنش در سیستم کاهش می‌یابد. این موضوع موجب بوجود آمدن یک نیروی پیش برنده برای جذب اتم‌های محلول به جابه‌جایی‌ها شده و اگر زمان کافی برای نفوذ فراهم نشود، اتم‌های محلول در اطراف نابجایی‌ها جمع می‌شوند.

در مذاب، مانند هیدروژن، به شکل مولکولی و حباب درآمده که این حباب‌ها به سطح مذاب صعود کرده و از مذاب خارج می‌شوند. با این روش، امکان تولید قطعه‌هایی با کیفیت بالا مورد استفاده در صنایع با تکنولوژی بالا میسر شده‌است. روش گاز زدایی در خلأ بیشتر برای آلیاژهای با نقطه ذوب پایین کاربرد دارد؛ زیرا در دماهای بالا، برای ایجاد خلأ به نیاز تجهیزات بسیار گران‌قیمت است که از نظر اقتصادی مقرون به صرفه نیست.

ب) افزایش فشار داخلی و تزریق حباب‌های گازی  
با افزایش فشار داخلی مذاب، گازهای حل شده در مذاب از حالت اتمی خارج شده و به صورت مولکولی یا حباب‌های گازی در می‌آیند. علت این است که در اثر افزایش فشار درونی مذاب، حرکت اتم‌های مذاب افزایش پیدا کرده و در نتیجه، امکان حرکت اتم‌های گاز در مذاب و تجمع آن‌ها در نقاطی از مذاب، افزایش می‌یابد. این پدیده، موجب تشکیل راحت‌تر مولکول یا حباب‌های گازی می‌شود. با افزایش فشار درونی مذاب، سرعت حرکت اتم‌های گازی در مذاب افزایش می‌یابد که در صورت تزریق گازهای دیگر در مذاب، اتم‌های گازی حل شده در مذاب این امکان را پیدا می‌کنند که خود را به حباب‌های گاز تزریق شده برسانند و به راحتی جذب آن‌ها شوند. افزایش فشار درونی مذاب، یکی از مهم‌ترین و پرمصرف‌ترین روش‌های گاز زدایی باشد که خود به چند روش مختلف تقسیم می‌شود که عبارتند از:

### ● استفاده از گازهای بی اثر

در این روش گازهای بی اثری مانند هلیم، یا آرگون که میل ترکیب شدن با مذاب یا حل شدن در مذاب را ندارند، به مذاب تزریق می‌شود. این تزریق، از پایین‌ترین نقطه مذاب، یعنی پایین بوته یا پاتیل، صورت می‌گیرد. در ابتدای عملیات تزریق گاز بی اثر به مذاب، فشار جزئی گازهای محلول در داخل حباب‌های گاز بی اثر، صفر است؛ ولی در مسیر حرکت حباب‌های گاز بی اثر از انتهای پاتیل به سمت سطح بالای مذاب و با افزایش فشار درونی مذاب، مقدار جذب گاز محلول در مذاب، افزایش می‌یابد. با ادامه تزریق گاز بی اثر و ایجاد حباب‌های زیاد گاز بی اثر و حرکت آن‌ها به سمت سطح مذاب، مقدار بیشتری گاز محلول در مذاب، جذب حباب‌های گاز بی اثر شده که موجب کاهش میزان گاز حل شده در مذاب می‌شود. لازم است ذکر شود که با این روش، نمی‌توان تمام گازهای محلول در مذاب را خارج نمود ولی مقدار زیادی از گازهای محلول در مذاب خارج خواهد شد. گازهای بی اثر مورد استفاده در این فرایند، گازهایی نظیر آرگون و هلیم می‌باشد که هیچ گونه تأثیری روی فلزات و آلیاژها ندارند.

## واژه نامه

### ۱) کمک ذوب (Addition)

به هر نوع ماده غیر از شارژ اصلی کوره که به منظور عملیات کیفی به مذاب افزوده می شود را کمک ذوب گویند. کمک ذوبها ممکن است به صورت کانی، سنگ و یا ترکیبات مصنوعی باشند. هر ماده، که به عنوان کمک ذوب از آن استفاده شود باید دارای خصوصیات زیر باشد:

۱- دمای ذوب شارژ را کاهش دهد (این امر باعث کاهش بسیار زیاد در هزینه های سوخت خواهد شد).

۲- وزن مخصوص کمتری نسبت به فلز ذوب شده داشته باشد به طوری که بتواند دربخش فوقانی پاتیلها متمرکز و به صورت سرباره از مذاب فلزی جدا شود.

۳- ورود و تمرکز فلز در داخل کمک ذوب در حد ناچیزی باشد تا فلز ذوب شده نتواند به وسیله وارد شدن در کمک ذوب از محیط خارج شود.

۴- کمک ذوب بتواند ناخالصیهای فلزات را جداسازی نموده و در سرباره متمرکز نماید تا جدایش آن از فلز ذوب شده آسانتر باشد.

۵- قیمت مناسبی داشته باشد به طوری که در مقابل کاهش هزینه های سوخت مصرفی هزینه اضافه تری را تحمیل نکند.

کمک ذوبها را می توان با توجه به محیط شیمیایی که ایجاد می کنند به سه نوع تقسیم نمود:

۱- کمک ذوبهای قلیایی مثل آهک و دولومیت

۲- کمک ذوبهای اسیدی مثل مواد سرامیکی کوارتز و ماسه سیلیسی

۳- کمک ذوبهای خنثی مثل فلوتورین

### ۲) مواد گرمازا (Exotherm)

موادی هستند که در سطح تغذیه قطعات ریختگی و یا شمش ها می ریزند و باعث هموار شدن جبهه انجماد می شوند و بدین شکل از تشکیل ناپیچ (تخلخل) در قطعات جلوگیری بعمل می آورد. این مواد عموماً شامل مخلوط پودر اکسید آهن و پودر آلومینیوم است که با گرمای مذاب واکنش گرمازا بین مواد انجام شده و حرارت زیادی را تولید می کند.

### ۳) جوشیدگی (Blowing)

هر گونه تخلخل درشت و یا ناهمواری های ناشی از تلاطم مذاب، محبوس شدن هوا و واکنش های شدید مذاب و قالب را می نامند.

### ۴) توان تبریدی (Chilling Power)

یکی از مشخصات قالب است که مستقیماً به نفوذ گرمایی آن بستگی داشته و شدت سرد کنندگی قالب را تعیین می کند. این پدیده به آلیاژ مذاب و دمای آن بستگی دارد.

### ۵) خوشه (Cluster)

تشکیل مجموعه اتم ها به صورت خوشه قبل از آغاز مرحله اول انجماد را می نامند.

### ۶) برد نفوذ (Diffusion Distance)

پارامتری است که نفوذ عناصر محلولی را در فاز جامد و در ضمن انجماد مشخص نموده و به ضریب نفوذ و آهنگ رشد بستگی دارد.

### ۷) ضریب توزیع (Distribution Ratio)

ضریب توزیع عبارت است از نسبت غلظت یک ترکیب شیمیایی در مخلوطی از دو فاز امتزاج شده در حالت تعادل و چگونگی توزیع عناصر آلیاژی را در مراحل انجماد تعیین می کند. بنابراین این نسبت شاخصی است برای سنجش تفاوت انحلال پذیری ترکیبات شیمیایی در این دو فاز.

### ۸) ارتفاع موثر (Effective Height)

حد عملی ارتفاع راهگاه است که در محاسبه برای تعیین دبی میانگین بکار می رود. از این پارامتر در مواردی که تمام و یا قسمتی از حجم قالب بالاتر از راهباره قرار گیرد استفاده می شود.

### ۹) آخال های مکانیکی (Exogenous Inclusions)

آخال های هستند که در اثر واکنش های مکانیکی و از طریق

فرسایش، خورد شدن و باردهی در داخل مذاب یافت می‌شوند.

#### ۱۰) فشار فلز ایستایی (Metalostatic Pressure)

فشاری که یک حجم از مذاب وارد می‌کند را فشار فلز ایستایی می‌نامند که باعث نفوذ مذاب به داخل قالب ماسه‌ای، جابجایی و شکسته شدن دیواره‌های قالب، بلند شدن نیمه بالایی قالب و یا شکسته شدن ماهیچه‌ها می‌شود.

#### ۱۱) لایه - عایق بندی (Padding)

اصطلاحی است در مقابل مبرد و مبرد گذاری و منظور از آن گرم نگه داشتن موضعی یک قسمت از قالب است تا جهت انجماد و جبهه انجماد به سمت تغذیه رفته و باعث افزایش مذاب رسانی و برد تغذیه شود.

#### ۱۱) ضخیم کردن سرباره (Slag Thickening)

در مواردی که سرباره به صورت مذاب و با رقیق می‌باشد، با افزودن موادی، نقطه ذوب آنرا کمی افزایش می‌دهند تا در شرایط مذاب از سیالیت کمتری برخوردار شده و شرایط سرباره گیری تسهیل گردد.

#### ۱۲) تر شوندگی (Wettability)

توانایی یک مایع در برقراری تماس با سطح جامد است و نشأت گرفته از نیروهای بین مولکولی می‌باشد. درجه تر شوندگی از تعادل

میان نیروهای پیوستگی و چسبندگی تعیین می‌شود. بعبارت دیگر، تر شوندگی تمایل به کسب حداکثر سطح تماس برای یک مایع با سطح جامد خود است.

#### ۱۳) فولاد جوشان (Rimmed Steel)

فرآیند اکسیژن‌زدایی در مورد برخی فولادها انجام نمی‌گردد و اکسیژن باقی مانده در فولاد با کربن واکنش داده و ایجاد تخلخل (حفره های گازی) که در حقیقت گاز CO است، می‌کند. این فولادهای ناآرام یا جوشان دارای تغییرات زیادی در ترکیب شیمیایی هستند به گونه ای که پوسته خارجی آنها شامل آهن خالص، کربن اندک، فسفر و گوگرد است. این عناصر با مقادیری بیش از مقدار متوسط، در مرکز شمش یافت می‌شوند. گفتنی است اگر کربن فولاد بیش از ۰/۳ درصد باشد، فولاد نمی‌تواند جوشان شود، چون اکسیژن به اندازه کافی ندارد. همینطور وجود عنصر منگنز به میزان بیش از ۰/۶ درصد باعث می‌شود فولاد به سهولت جوشان نشود.

چون ناخالصی‌های این فولاد در مغز آن تجمع می‌کنند و سطح آن نسبتاً خالص است، (واژه ی rimmed از همینجا می‌آید به معنی "لبه") به دلیل سطح تمام شده‌ی عالی (surface finish)، بهترین انتخاب برای تولید به روش پرسکاری از تولید لوازم خانگی (یخچال و اجاق گاز و لباسشویی و ...) گرفته تا ورقهای مورد استفاده در خودرو می‌باشد. کاربرد مهم دیگر این نوع فولاد به عنوان مغزی الکتروود جوشکاری روش جوشکاری دستی (SMAW) است که ویژگی بهتری به قوس الکتریکی ایجاد شده می‌دهد.

## لیست اعضای 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 (شرکت آلیاژهای نشکن ساز) 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) صندوق 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 کدپستی: ۱۹۱۸۹۵۳۶۵۱ Email: info@mapnagroup.com  ساخت پره های داغ توربین گازی</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 درپچه های ضد سرقت  
داکتیل - انواع ملزومات پارکی و شهری

### 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

### ذوب آهن البرز غرب

تهران، خیابان شهید بهشتی - بعد از چهارراه سهروردی -  
نرسیده به میدان تختی - خیابان کابوسی فر - کوچه آریا  
وطني - پلاک ۱۰  
کد پستی: ۱۵۷۷۸۱۵۷۱۳  
تلفن: ۷-۸۸۱۷۰۹۸۳  
فاکس: ۸۸۱۷۰۹۶۹  
Email: west.alborz.steel@gmail.com

### 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

### 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

### رزیتان

تهران پاسداران، چهارراه فرمانیه، نارنجستان هشتم، پلاک ۲۳،  
طبقه ۱۵، واحد ۱۵۰۳ و ۱۵۰۲  
تلفن: ۲۲۰۲۰۵۲۱ - ۳۰  
فاکس: ۲۲۰۲۰۴۸۶  
کد پستی: ۱۹۵۷۶۱۴۰۵۳

تولید انواع رزین‌های صنعتی

### شوماژ کار

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

کیلومتر ۸ جاده مخصوص کرج، روبروی شهاب خودرو،  
خیابان نخ زرین، شرکت شوماژ کار، واحد آموزش  
تلفن: ۴۴۵۴۵۱۲۰-۳  
فاکس: ۴۴۵۴۵۱۱۴  
خیابان طالقانی، بین چهارراه مفتح. بهار، پلاک ۱۸۰، طبقه اول  
تلفن: ۸۸۳۰۸۶۷۷  
فکس: ۸۸۳۰۹۳۲۶  
تولید انواع دیگ‌های بخار چدنی

### 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

### فروسیلیس ایران

تهران - خیابان پاسداران - بعد از چهار راه فرمانیه - نارنجستان  
۷ - ساختمان پارک سنتر - طبقه ۱۹ - واحد ۱۹۰۲ و ۱۹۰۳  
تلفن: ۴۰۲۲۹۷۵۶-۶۰ فاکس: ۴۰۲۲۹۸۸۶  
فروسیلیسیم - فروسیلیسیم منیزیم - پودر میکرو سیلیکا

### فولاد طبرستان

تهران ، خ ملاصدرا، خ شیراز جنوبی، کوچه بهار، پلاک ۶،  
طبقه ۲  
تلفن: ۳ - ۸۸۰۶۱۴۷۱  
فاکس: ۸۸۰۶۱۴۷۰  
تولید فولاد و چدن آلیاژی

### 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

### 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

### 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

### 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 - ۰۸۶۳ - ۳۱۳۹۰۲۳/۰۸۶۳  
دفتر تهران: تهران، مرزداران، خیابان ایثار، نبش نامدار ۲،  
پلاک ۴  
تلفن: ۴۴۲۷۹۷۷۵-۶  
فکس: ۴۴۲۷۵۷۱۵  
فولاد سازی و آهنگری

### 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

### 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

### مالیبل سایپا

کیلومتر ۱۵/۵ جاده مخصوص کرج ، روبروی شرکت سایپا  
ص.پ: ۱۳۴۴۵/۱۹۳ ، شرکت مالیبل سایپا  
تلفن: ۴۴۱۹۶۵۳۷  
فاکس: ۴۴۱۹۶۵۳۹  
ریخته گری و ساخت انواع میل بادامک خودرو

### 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

### فولاد آلیاژی سمنان

سمنان، شهرک صنعتی شرق، جنب کارخانه عقاب  
تلفکس: ۰۲۳۳۳۶۵۲۵۳۸ ۹-  
کد پستی: ۳۵۳۵۱۳۳۱۱۱

### پایا ذوب کاوه

اصفهان، خیابان سعادت آباد، ساختمان هرم طبقه ۵ واحد  
۱۵  
تلفن: ۰۳۱-۳۶۷۰۰۴۹۵  
فکس: ۰۳۱-۳۶۶۹۱۴۹  
info@payazob.com:Email

### 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: ۴۹۷۳۲  
Email: info@RAZI-FOUNDATION.com  
کد پستی: ۳۵۵۳۱۴۶۱۳۷

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

# Rikhtegary

Journal Of Iranian Foundrymen's Society, No.126-40<sup>th</sup> Year, Summer 2021

## Content:

<b>A review on the effect of the alloying elements on the mechanical, corrosion, and biological properties of magnesium-based alloys .....</b>	<b>3</b>
Hamed Namdar asl <sup>a</sup> , Vida Khalili <sup>b,*</sup> , Leila Fathyunes <sup>c</sup>	
<b>IMAT2021 Report .....</b>	<b>12</b>
Iranian Foundrymen's Society	
<b>Universities introducing (Imam Khomeini International University, Hakim Sabzevari University) .....</b>	<b>13</b>
<b>Quantifying casting Quality Through Filling Conditions .....</b>	<b>15</b>
Abdolhamid Ghadimi	
<b>Iran &amp; World news .....</b>	<b>21</b>
<b>Green Sand Solutions .....</b>	<b>30</b>
Shiva Khatamizade	
<b>Question &amp; Answer .....</b>	<b>40</b>
<b>Lexicon .....</b>	<b>43</b>



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

**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](http://www.irfs.ir)

Email: [irfs.edu@gmail.com](mailto:irfs.edu@gmail.com)

Telegram: [irfs1359](https://www.t.me/irfs1359)



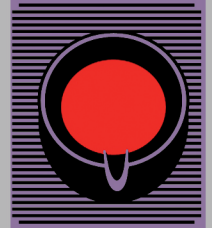
# دومین کنفرانس بین المللی فولادسازی و ریخته گری مداوم (۱۴۰۰)

# 2nd International Conference on Steelmaking & Continuous Casting (ISCC2022)

۳ و ۴ اسفند ماه ۱۴۰۰  
**بندر عباس**  
**شرکت فولاد هرمزگان**  
جهت کسب اطلاعات بیشتر  
به سایت زیر مراجعه نمایید  
<https://iscc.hosco.ir>  
ایمیل : [iscc@hosco.ir](mailto:iscc@hosco.ir)  
**آدرس دبیرخانه:**  
بندرعباس، پارک علم و  
فناوری هرمز، طبقه ۶

- متالورژی و فرایندهای کوره قوس الکتریکی
- بهینه سازی مواد اولیه و فروآلیاژها
- متالورژی ثانویه و فرآیندهای آن
- مواد نسوز و کاربردهای آنها
- فناوری های پیشرفته درهاشین های ریخته گری مداوم فولاد
- ریخته گری مداوم و محصولات آن
- جریان سیال و انجماد
- شبیه سازی و مدل سازی
- ریزساختار و خواص محصولات ریخته گری مداوم
- عیوب سطحی
- روانکاری و فلاکس های قالب
- فناوری های ارتقاء کارخانه های فولادسازی
- مدیریت انرژی
- انقلاب صنعتی چهارم، کلان داده ها و هوش مصنوعی
- پایداری و چالش های زیست محیطی
- آخرین راه حل ها در اقتصاد چرخشی





## Contents

- A review on the effect of the alloying elements on the mechanical, corrosion, and biological properties of magnesium-based alloys  
Hamed Namdar asl , Vida Khalili , Leila Fathyunesc
- IMAT2021 Report  
Iranian Foundrymen's Society
- Universities introducing (Imam Khomeini International University, Hakim Sabzevari University)
- Quantifying casting Quality Through Filling Conditions  
Abdolhamid Ghadimi
- Iran And World News
- Green Sand Solutions  
Shiva Khatamizade
- Question And Answer
- Lexicon