ریخته‌گری تحت فشار

HIGH PRESSURE DIE CASTING

انجمن دایکست ایران

سال چهارم - شماره ۱۷ - تابستان ۱۴۰۱

Mobtakeranindgroup

Mobtakeran industrial group

www.mobtakerangroup.com

مبتکران

گروه صنعتی

۰۲۱-۶۷۲۳۱۰۰۰

واردکننده فولادهای مهندسی

فولاد

گارانتی کیفیت تمامی محصولات
و مشاوره‌ی متالورژی رایگان

عملیات حرارتی تحت خلأ

عملیات حرارتی

مجری تخصصی‌ترین
خدمات عملیات حرارتی

دفتر مرکزی: تهران ، مهرآباد جنوبی، خیابان لاله، خیابان امری، پلاک ۱، مجتمع تجاری فلزات پارسه، طبقه همکف واحد ۱۹ و ۲۰

شعبه مرکز: تهران ، شیرپاستوریزه، ۴۵ متری زرند، نبش کوچه بابازاده، پلاک ۶۱۱

شعبه غرب: کرج، کمالشهر، ۳۰ متری صنعت کاران ، کوچه ششم ، نبش تقاطع ۸ متری

شعبه شرق: تهرانپارس، خیابان احسان، خیابان زمرد، روبروی مسجد ، پلاک ۵

کارخانه: تهران، کیلومتر ۳۵ اتوبان تهران - قم، شهر حسن اباد ، شهرک صنعتی شمس آباد ، بلوار نگارستان، خیابان تیرشمالی، پلاک ۱۱۷

L.K. GROUP HongKong

شرکت L.K. بزرگترین تولید کننده ماشین های ریختگری تحت فشار

شرکت آریا تاج نماینده انحصاری در ایران

تهران : خیابان ولیعصر روبروی پارک ملت خیابان ناهید پلاک ۵۶ طبقه ۵ واحد ۲۵

تلفن : ۱۷-۲۲۶۵۴۴۱۵-۰۲۱

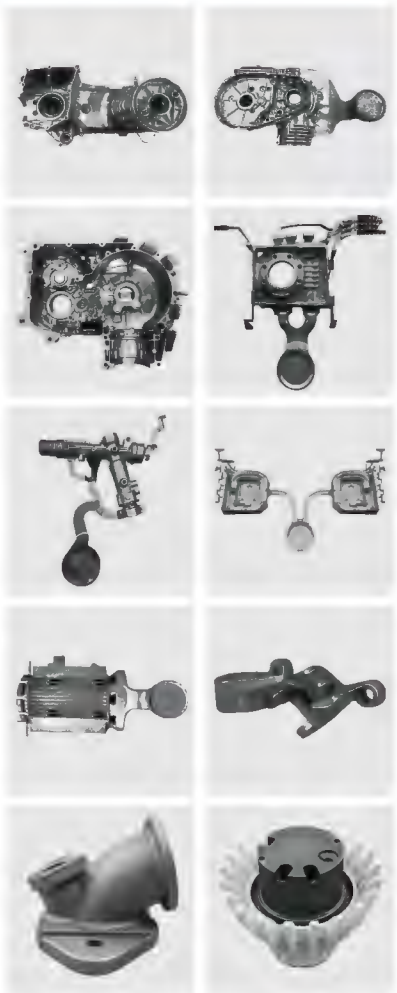
www.lk.world

تاسیس ۱۳۶۸

گروه توسعه قطعات خودرو

پیروز

www.pirouz-diecasting.com info@pirouz-diecasting.com



Development Group

PIROUZ AUTO PARTS

گروه تولیدی و بازرگانی پیروز تولیدکننده و پیشرو در ساخت پمپ‌های هیدرولیک و قطعات صنعتی، در راستای ارتقاء تولیدات خود در بخش بازرگانی، سال‌هاست مبادرت به واردات انواع پمپ‌های صنعتی و ارائه خدمات کامل پس از فروش نموده است.

گروه تولیدی و بازرگانی پیروز امکان تأمین کلیه تجهیزات جانبی و یدکی در خصوص ماشین‌آلات دایکاست کمپانی ZITAI بر اساس نیاز مشتریان را دارد. این تجهیزات شامل کلیه ابزارآلات جانبی و پشتیبانی، تجهیزات قابل توسعه ماشین‌آلات و همچنین سیستم کنترل می‌باشد.

جهت مشاوره، تأمین و خرید کلیه ماشین‌آلات ریخته‌گری آلومینیوم و فلزات رنگین حرفه‌ای، با کارشناسان فنی مجموعه در ارتباط باشید.

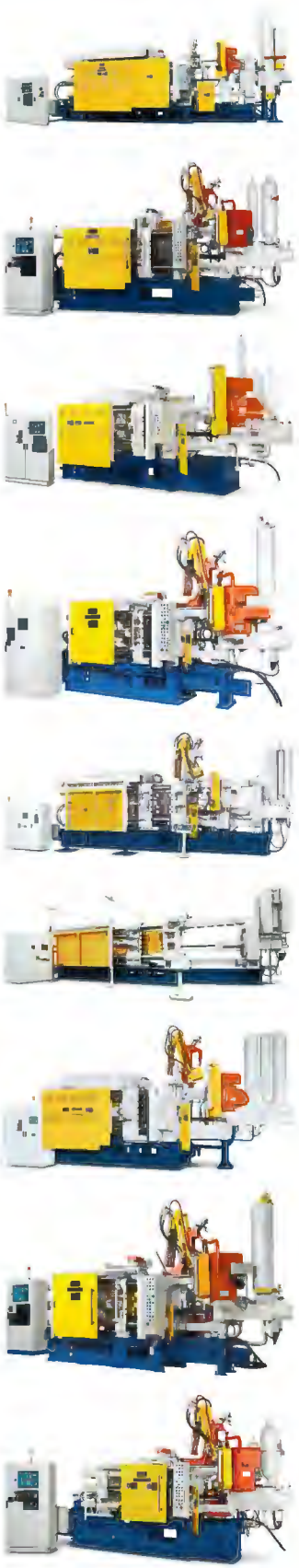
تهران. خیابان شمشیری، خیابان دانشگاه هوایی شمالی، پلاک ۲۱۹، ساختمان فراز، طبقه۵، واحد ۱۷

۰۲۱ - ۶۶۶۵۷۰۶۳
۰۲۱ - ۶۶۶۵۵۰۹۲
۰۲۱ - ۶۶۶۵۷۵۰۶
۰۹۱۲۱۰۱۹۷۱۶

ZITAI

www.zitai.com

Cold Chamber Die Casting Machine
High efficiency, Excellent performance
Technological advancement



R.Mg.P

شرکت دانش بنیان

مهندسی

رهـــاورد منیـــزیم پارسیـــان

اولین و تنها تولید کننده آلیاژهای منیزیم در ایران

(سهامی خاص)

۰۲۱-۵۵۲۸۴۶۷۴-۶

۰۲۱-۵۵۲۸۴۶۷۷

۰۹۳۰-۱۳۰۰ ۶۹۴

WWW.Rahavard-mg.ir

Rahavardmg.ir

Email:RMGP_CO@yahoo.com

محصولات

انواع آلیاژهای منیزیم به صورت شمش و بیلت

AZ61, AZ63, AZ91, AM60,.....

انواع قطعات آلومینیومی و منیزیمی به روش

Low Pressure Die Casting

جعبه‌های ضدانفجار

پره‌های دمنده

آندهای فداشونده حفاظت کاتدیک

آندهای منیزیمی

آندهای روی

آندهای آلومینیومی

آمیژان های آلومینیوم–منیزیم به صورت شمش و بریکت

Al-Mg 50

Al- Mg 30

پودر منیزیم و آلومینیوم–منیزیم در مش‌های مختلف

پودر منیزیم خالص

پودر منیزیم - آلومینیوم

AXON
Axon Dej Alvand

شرکت اکسون دژ الوند نماینده انحصاری ماربو ایتالیا در ایران

سیستم های پاشش

روانکارهای گرانول و روغن پلانجر

انواع گریس و مواد کمکی قالب دایکست

جدا کننده های پایه آبی قالب

آنتی سولیدر

مبتکر ساخت صفحه های محافظ

دستگاه از جنس کامپوزیت

شماره های تماس : ۸۸۷۷۲۸۴۹ - ۸۸۷۷۲۸۶۲

فروش : ۰۹۳۰۶۸۱۱۰۸۶

www.axondej.com

Address : No. 41 - Khalilzadeh alley- Above Vanak Square-Valiasr Street- Tehran-Iran

AZIN ALIAZH KARA

شرکت آذین آلیاژ کارا

تولید کننده شمش آلومینیوم آلیاژی

آدرس کارخانه: استان مرکزی، محلات، شهرک صنعتی محلات، انتهای زنبق شرقی

تلفن: ۰۸۶۴۳۲۳۶۳۷۳ فکس: ۰۸۶۴۳۲۳۶۳۲۷

همراه: ۰۹۱۲۶۴۵۹۰۶۲ - ۰۹۱۹۸۰۰۸۳۹۹

۰ ۹ ۱ ۲ ۱ ۷ ۸ ۷ ۷ ۹ ۳

ISO/TS 16949
Registered Firm
IMQ CSQ AUT

تکنوگراف
TECHNO - GRAPH

ریخته‌گری و قالب‌سازی تکنوگراف

در همکاری با ما آسوده خاطر باشید

تولید قطعات صنعتی و خودرو به روش ریخته‌گری دایکست از آلیاژ آلومینیوم و روی

طراحی و ساخت قالب‌های دایکست

شرح امکانات

- واحد کنترل کیفیت
- واحد ریخته‌گری و پرداخت‌کاری
- واحد طراحی و قالب‌سازی
- واحد ماشین‌کاری

زمینه فعالیت

- صنایع خودرو
- صنایع گاز و لوازم خانگی
- صنایع الکترونیک و مخابرات
- صنایع ساختمان و تاسیسات
- صنایع برق

آدرس: تهران، جاده ابعلی، منطقه صنعتی خرمدشت، بیست متری غربی، پلاک ۷۲
تلفن: ۹۰ ۲۰ ۲۱ ۷۶ و ۷۰-۶۷ ۶۵ ۲۱ ۷۶ ۰۲۱ **فکس:** ۸۹ ۲۰ ۲۱ ۷۶ ۰۲۱
www.technographco.com

بسم الله الرحمن الرحیم

ریخته‌گری تحت فشار

High Pressure Die Casting

شماره ثبت مجوز انتشار

از وزارت فرهنگ و ارشاد اسلامی

۷۷۸۵۶

انجمن دایکست ایران

انجمن دایکست ایران

صاحب امتیاز و مدیر مسئول:

انجمن صنفی کارفرمایی ریخته گری تحت فشار

هیأت تحریریه:

شاهن مارکاریان
مجتبی ستوده فرد
سیامک فتحی

ویراستار:

سیامک فتحی

صفحه‌آرایی و گرافیک:

مهدی لطفی

نشانی: تهران، تهرانپارس، قنات کوثر، بلوار مطهری، کوچه هفتم مرکزی، پلاک ۱، واحد ۱۰

چاپ پیغام امروز

تلفن: ۷۷۰۴۷۰۸۴ تلفکس: ۷۷۰۴۶۰۹۱

انجمن دایکست ایران

ریخته‌گری تحت فشار

High Pressure Die Casting

سال چهارم، شماره ۱۷، تابستان۱۴۰۱

توازن و ثبات ۲

هزینه های ناشی از ناکارآمدی قالب در دایکست روی ۳

شاهن مارکاریان؛ شرکت سوان غرب

کمی در مورد ابزار PQ^2 در طراحی قالب ۷

نویسنده: مجتبی ستوده فرد

بچسبِ نچسب ۱۴

تالیف: میلاد طهماسبی، مجتبی چنارانی، گروه صنعتی مبتکران

سکوت موریانه‌ها ۱۸

نویسندگان: پریا سلگی، مجتبی چنارانی؛ گروه صنعتی مبتکران

تـوازن و ثبـات

رییس هیات مدیره
سید محمد آیتی

بیش از دو سـال اسـت که کماکان در گیر فراز و فرودهای همه گیری بیماری کرونا و نابسـامانی های ناشی از اقدامات نظامی و بی ثباتی قیمت مواد اولیه و برخی فلزات در جهان هسـتیم. از دیگر سـو در بازار داخلی نیز نوسـان‌های پی درپی در نرخ خرید ارز هـای رایج و تغییـر قیمت حامل های انرژی محملی برای بی ثباتی سفارشـات و تعیین قیمت نهایـی خدمات در بخش ریخته گری و تولید قطعات بوده اسـت. تصمیم‌گیری‌های ناگهانی و خارج از روال عقلانی در خصوص آزادسـازی قیمت ها و یا قطع برق کارخانجات تولیدی و انتقال آن به بخش خانگی ، خود عاملی در افزایش قیمت ها و تعطیلی نسبی شده است. افزایش هزینه های حمل و نقل و ترانزیت کالا نیز بخش تولید را هدف قرار داده است.

اگر موارد فوق را در کنار افزایش ۵۷ درصدی حقوق و دسـتمزد و لجام گسـیختگی رشـد نقدینگی قرار دهیم، عدم وجود یک برنامه منسجم برای توسعه بخش تولیدی و شکوفایی درآمد حاصل از تولید را به خوبی تشخیص خواهیم داد. حال سوال اینجاست: «آیا در تمام جهان کشوری را سراغ دارید که با وقایع فوق الذکر و مشکلات داخلی بتوانند به یک توسعه پایدار دست یابد؟»

دسـت اندرکاران صنعت و سـرمایه گذاران بخش تولید همواره خود را با بازارهای موازی مقایسـه می کنند، این حق مسلم هر سـرمایه گذاری اسـت که بداند با چه میزان نقدینگی و گردش مالی مواجه است و میزان سوددهی و روند رشد کارخانه و تولیداتش تا چه اندازه قابل مقایسه با بازارهای موازی است. این حقیقت نشان می دهد که نمی توان با رفتارهای فرمایشی اقتصاد را که یک موجود زنده اسـت به صورت دسـتوری جهت داد. در کنار آن رفتارهای دفع الوقت نیز بنیه اقتصاد و تولید که نیاز به ثبات و برنامه ریزی دقیق دارد راه رفته رفته ضعیف و ضعیف تر می کند.

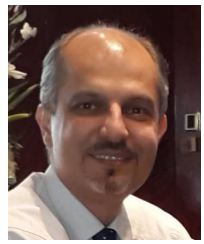
امر مسـلم این اسـت که دولت ها با پرداخت یارانه مسـتقیم به مردم «به این مبلغ و روش جاری» نه در شکوفایی اقتصاد تولید موفق بودند و نه در تخصیص بودجه.

کشـور ما به لحاظ موقعیت جغرافیایی و منابع مختلف سـوخت های فسـیلی و کانی های فلزی قطعاً شایسته رتبه بالاتری به لحاظ درآمد سـرانه و رشـد تولید و سـرمایه گذاری برای تولید می باشد، اما اتفاقات پیش آمده باعث شـده ، فعالین در بازار تولید قطعات دایکستی با چالش های متعددی مواجه باشند. افت و خیز شدید قیمت فلزات، قطعی برق و تعطیلی کارگاه ها، رشد قیمت گاز مصرفـی و بـه دنبال آن افزایش قیمت برق در بخش صنعتی، کمبود و فقدان نیروی کار در اکثر شـهرک های صنعتی و ... همه و همه باعث کندی شـدید رشـد تولید و کاهش درآمدهای این بخش صنعت بوده اند. اما از دیگر سو شاهد راه اندازی کارخانجات جدید با سرمایه گذاری خارجی و به خصوص افراد و شرکت های چینی در مناطق آزاد تجاری هستیم، نشانه های که می بایست با حساسیت و دقت زایدالوصفی به آنها پرداخت، تضعیف تولید کننده داخلی به هیچ وجه متضمن رشد و توسعه ملی نخواهد بود، در حالیکه پایین بودن هزینه کارگری و قیمت انرژی فرصتهای شغلی و درآمدزایی مناسبی برای خارجی ها ایجاد کرده است.

آیـا واقعاً با این رفتار ها، دولت های قبل و فعلی می توانند مدعی جذب سـرمایه گذار و ورود سـرمایه های خارجی به کشـور شوند؟

آیا ادامه روند فعلی می تواند متضمن عدم خروج سرمایه از بخش تولید گردد؟

از آنجایی که برنامه ریزی کلان در دست بخش خصوصی نیست و دولت ها تعیین کننده سیاست های کلان در اقتصاد داخلی هسـتند، این گونه سـوال ها و دل نگرانی ها طبیعی بوده و عدم دریافت پاسـخ مناسـب و شـفاف نمیتواند نظام تولید را به ثبات و آرامش رهنمون شود.



هزینه های ناشی از ناکارآمدی قالب در دایکست روی

ترجمه: شاهن مارکاریان؛ شرکت سوان غرب

مقدمه:

دایکســت یکی از مقرون به صرفه ترین فرآیندهای تولید قطعات فلزی اســت. در بین فلزات و آلیاژهای ریختگی، آلیاژهای روی بطور گسترده در تولیــد قطعات کوچک یا بزرگ با پیچیدگی زیاد، بدلیل قابلیت ریخته گری و پرداخت بالا مورد استفاده قرار می گیرد.

در فرآینــد دایکســت، آلیاژ مذاب پــس از عبور از مســیرهای متفاوت بــه درون حفره قالب تزریق می شــود. به منظور تولیــد قطعاتی با کیفیت بالا، پارامترهای فرآیند باید بصورت موثر تحت کنترل باشــند. این، شامل تنظیمات قالب و ماشــین، درجه حــرارت مواد و قالــب، روانکاری قالب و شــرایط پر شدن قالب می شود. جهت ریخته گری روی با کیفیت سطحی بالا، رســیدن به زمان پر شدن قالب بسیار حائز اهمیت است. این کار باید توسط کنترل جریان مذاب صورت پذیرد.

تحقیقات گســترده نشــان داده اســت که جهت طراحی یک سیستم تغذیه مناســب لازم اســت یکســری اصول اولیه رعایت شــود. متاســفانه همواره شاهد آن هســتیم که این اصول بدلیل کاهش قیمت قالب رعایت نمی شــوند که در نتیجه بسیاری از مشــکلات ناشی از کمبود و نقصان در طراحی و ساخت سیستم تغذیه قالب بوده و منجر به ایجاد ضایعات بسیار می گردد.

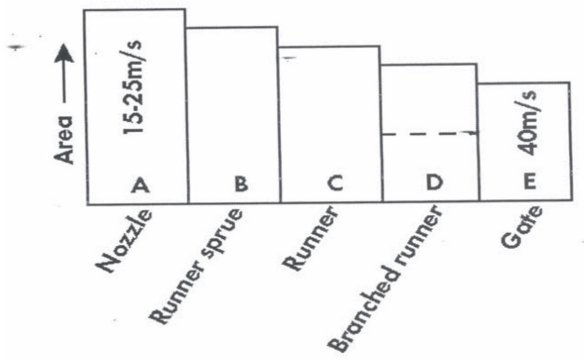
در ایــن مقاله، اصول اولیه طراحی سیســتم تغذیه مــورد بازبینی قرار خواهد گرفت. مثال های انتخاب شــده حاصل ۳۰ سال تجربه واحد فنی شــرکت "Teck Cominco Metals" می باشــد که اهمیت سیســتم تغذیه صحیح و همچنین هزینه های ناشــی از ناکارآمدی قالب را به شــما نشان خواهد داد.

اصول طراحی سیستم تغذیه

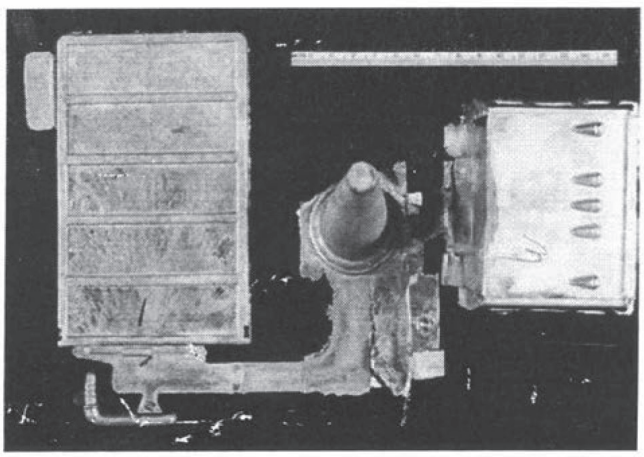
در دایکســت محفظه گرم، دســتگاه به مثابه پمپ عمــل می کند که باعــث جریان مواد از میان گلویی غازی (goose neck) به طرف راهگاه ها و دروازه ها (gates) و در نهایت حفره قالب می گردد. رعایت اصول طراحی سیســتم تغذیه که شــامل گلویی غازی، اســپرو، راهگاه هــا و دروازه های تزریق و ابعاد آنها می باشــد، باعث اطمینان از شرایط بهینه پر شدن قالب می شــود. جهت پرشدن قالب بصورت بهینه، سطح مقطع ها ترجیحا باید از ســمت نازل به ســمت دروازه تزریق کاهش یابد و یا حداقل ثابت بماند. به عبارت دیگر، نازل دارای بیشترین و ورودی دارای کمترین سطح مقطع در سیستم تغذیه می باشد، همچنان که در شکل ۱ مشاهده می کنید.

یک چنین سیســتمی به شــما کمک می کند که مواد بصورت موثر از نازل به ســمت حفره قالب جریان یافته و با کمترین مقاومت مواجه شــود. این کار همچنین باعث کاهش عمل مخلوط شدن هوا با مذاب و در نتیجه کاهش تخلخل های گازی می گردد.

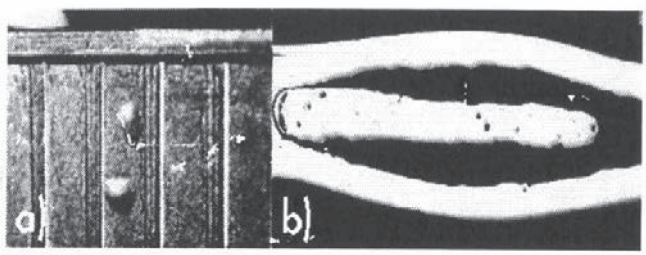
تحقیقات، موید این مســئله هســتند که زمان پر شــدن قالب، فشار و سرعت در ورودی جهت دستیابی به یک کیفیت قابل قبول باید در محدوده ای معین نگاه داشته شوند. برای قطعات تزیینی، فشار مواد ۱۴۰ تا ۳۵۰ bar توصیــه می شــود. در بعضی مواقع فشــارهای پایین تر جهت قطعات خاص هم ممکن اســت بکار رود. سرعت ورودی باید بین ۳۰ الی ۵۰m/s باشد و زمان پر شــدن باید کمتر از ۴۰ms باشد (برای قطعاتی که آبکاری می شوند زمان پرشــدن حداکثر ۲۰ms می باشد). سرعت ورودی کمتر، احتمال بروز تخلخل و سرعت بیشتر باعث فرسایش قالب می گردد. زمان پر شــدن بیش از ۴۰ms منجر به تولید قطعاتی باشــکل ظاهری نامناسب شــده و افزایــش نــرخ ضایعــات را در تولید قطعاتــی که باید آبــکاری و یا



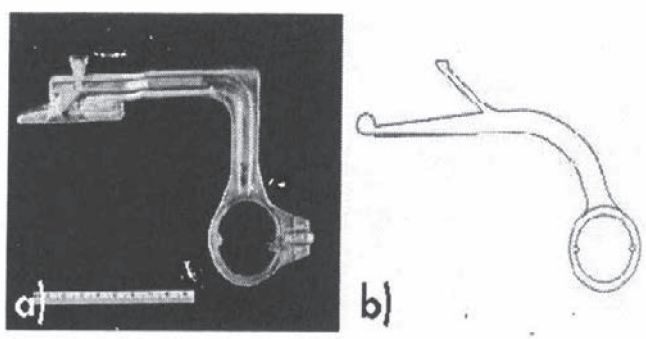
▲ شکل ۱- ابعاد مناسب تغذیه جهت قالب دایکست روی



▲ شکل ۲ . نمایی از یک ضرب کامل قطعات کامیون اسباب بازی



▲ شکل ۳ - نمایی از تاولها (a) در قطعه مسطح و سطح مقطع (b) در ناحیه تاول ها



▲ شکل ۴- نمایی از (a سیستم تغذیه موجود و b) سیستم تغذیه اصلاح شده

رنـگ آمیزی شـوند به همراه خواهد داشـت. از بیـن پارامترهای ذکر شده، زمان پر شـدن قالب مهمترین پارامترجهت تولید قطعات جدار نازک از جنس روی تعیین شده است.

بـه هنگام پر شـدن قالب، فشـار مـواد (P) با مجـذور دبی (Q) متناسب می باشد که به دیاگرام PQ^2 معروف است. با استفاده از قانون PQ^2، سیستم تغذیه می تواند به طور مناسب بر حسب مساحت ورودی اندازه گذاری شود.

با استفاده از سـرعت نازل توصیه شده (که معمولا بین ۱۵m/s تا ۲۵m/s اسـت) می توان مساحت نازل را محاسبه و نازل مناسب تولید قطعه مورد نظر را انتخاب نمود. محاسـبه ابعاد مابقی سیستم تغذیه بر مبنای قانون فوق انجام می گیرد، بطوریکه مسـاحت سـطح مقطع به نسبت از نازل تا ورودی کاهش می یابد.

هـدف اولیه از یک فرآیند، تولیدقطعـات با کیفیت همراه کمترین قطعات برگشتی و ضایعات می باشد.

برای رسـیدن بـه این هـدف، انتخاب اسـپرو، راهـگاه و ورودی مناسـب برای قطعه مورد نظر بسـیار حائز اهمیت است. اول از همه، یک نازل واسـپرو مناسب باید مورد اسـتفاده قرار گیرد. نسبت محیط راهگاه به سـطح مقطع باید در حداقل باشد. هنگامی که تغییر جهت در جریان مواد لازم اسـت، از تغییر مسیرهای ناگهانی و تیز خودداری شود و مساحت ورودی مقداری از مساحت خروجی بزرگتر باشد. بطور کلی، شـکل ذوزنقه ای راهگاه با نسـبت قاعده بزرگ به ارتفاع ۱:۱ یا ۲:۱ مناسـب است، هرچند سـاخت چنین راهگاهی مستلزم ماشین کاری هزینه بری مانند اسـپارک می باشد. جهت دستیابی به زمان پر شـدن بهینه قالب، سیسـتم راهگاه ورودی پیچیده تری ممکن است مورد اسـتفاده قرار گیرد. متاسفانه دایکسـت کارها اغلب راه سریع و آسـان را جهـت کاهش هزینـه قالب انتخـاب می کنند. ایـن دیدگاه بطـور کلی باعث عدم دسـتیابی به تولیدی بهینه می شـود. علاوه بر ایـن، ناکارآمدی قالب باعث ایجاد عیوب مختلـف در تولید قطعاتی با تیرا بالا می شـود کـه حاصل آن هدر رفتن زمان و مواد اسـت. اغلب، در این گونه موارد دایکسـت کار دسـت به دامن جوشکاری و سنگزنی راهگاه و ورودی می شـود که این نیز باعث ضرر قابل توجهی می شود - همانطور که در مثال زیر می بینیم.

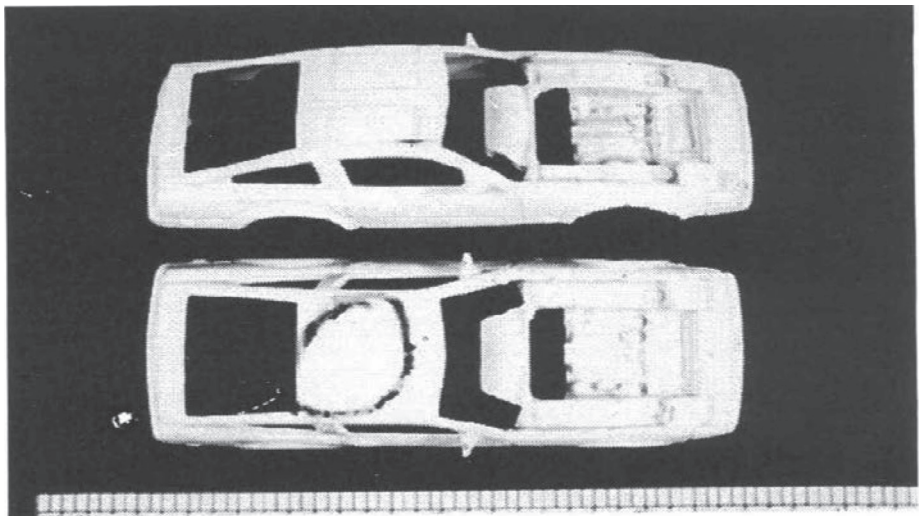
در سـاخت قطعات کامیون اسـباب بازی از قالـب چند حفره ای استفاده می شود که دایکست کار با مسئله تاول زدگی (blistering)، بخصوص در قطعه مسـطح مواجه است (شـکل ۳a). میزان ضایعات بیش از ٪۳۰ گزارش شـده اسـت. آزمایش متالو گرافی نشان داد که علـت تاول زدگی وجود بیش از حد هوای حبس شـده در حین تزریق در قطعه می باشد (شکل ۳b). هنگامی که سیستم تغذیه مورد بررسی قرار گرفت (شکل ٤a) معلوم شد که ابعاد و نسبت های نامناسب باعث

این مسئله شده است. آزمایش بیشتر معلوم کرد که سیستم راهگاهی نیازمند یک سری تغییرات اصلاحی می باشد. راهگاه اولیه به نظر کم عمق می رسید، با مقطع "T" شکل با "R" داخلی بیش از حد که همگی حاصل ماشینکاری آسان (احتمالا سنگزنی) و با دیدگاه سعی و خطا ایجاد شده بود.

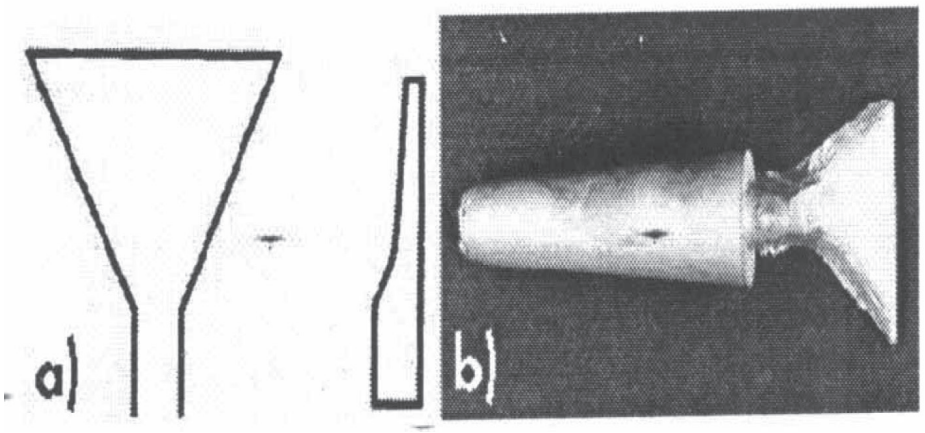
جهت بهبود کیفیت قطعه، یک سیستم راهگاهی اصلاح شده پیشنهاد شد (شکل٤b) که تمایل به ایجاد جریانی یکنواخت و بهتر در راهگاه برای قطعه مسطح و دستگیره کوچک داشت. بهبودهای سریع پس از ایجاد سیستم تغذیه جدید در کیفیت قطعه حاصل شد. بعنوان نتیجه نسبت ضایعات بطور قابل توجهی کاهش پیدا کرد.

ورودی های پره ای (fan gates) جریانی قوی متمرکز و واگرا به سمت دیواره های خود ایجاد می کنند، ضمن اینکه ماشین کاری این نوع ورودی ها نسبتا آسان و ارزان هستند. این گونه ورودی معمولا با شکل گرد و شیب دار در قالب استفاده می شود. در طی تولید ماشین های اسباب بازی (شکل ٥) دایکست کار از نوع قیفی (funnel type) ورودی پره ای جهت دستیابی به جریان مورد نظر استفاده کرد. این نوع از ورودی پره ای جهت تولید قطعات باکیفیت مناسب می باشد، اگر چه باید اصول و قوانین آن در ماشینکاری رعایت شود .

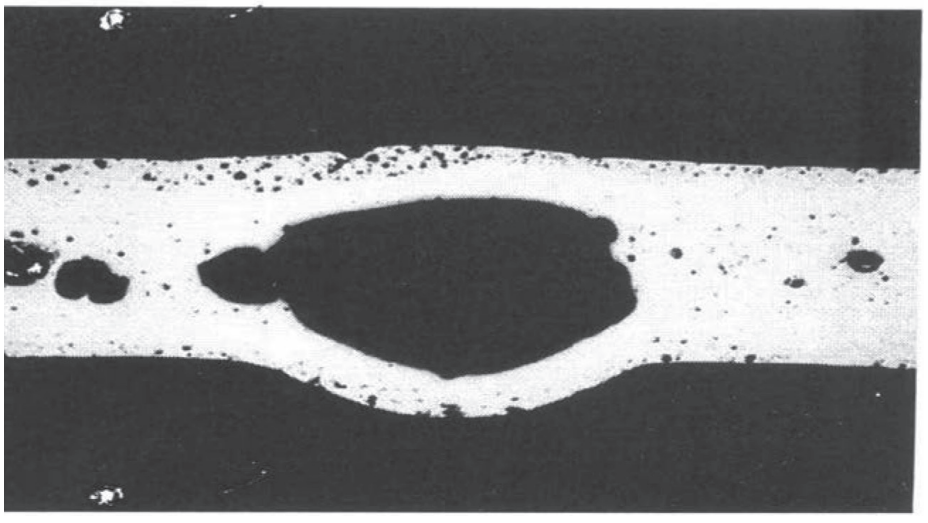
همانگونه که در شکل (٦a) نشان داده شده است، یک ورودی قیفی شکل پره ای که بصورت صحیح طراحی شده است باید در عرض بصورت خطی از سمت راهگاه به سمت ورودی افزایش خطی داشته باشد. علاوه بر آن، یک کاهش غیر خطی نیز در ضخامت از سمت راهگاه به سمت ورودی به منظور کاهش احتمال



▲ شکل ٥- ماشین اسباب بازی با عیب تاول زدگی نمایی از



▲ شکل ٦- a) ورودی پره ای با طراحی مناسب وb) ورودی پره ای - قیفی موجود



▲ شکل ٧- سطح مقطع در ناحیه تاول زدگی

حبس هوا با مذاب لازم است. بنابراین، معمولا اسپارک جهت ماشینکاری این نوع شـکل ورودی مورد اسـتفاده قرار می گیرد (بـه علت کاهش غیر خطی ضخامت آن) اگرچه بعضی از قالبسـازها ورودی پره ای را با کاهش یکنواخت ضخامت از سـمت راهگاه به سمت ورودی فرز کاری می نمایند (بدلیل کاهش هزینه قالبسـازی) (شـکل ٦b). در نتیجه این کار بیش از ٤٠٪ قطعات پس از رنگ دچار تاول زدگی ناشی از حبس هوا در مذاب که قسمتی از آن در راهگاه اتفاق می افتد می شوند (شکل ۷). اگر چه اسپرو نوک مدادی شکل مسئله ساز اسـت، ولی تغییرمسیرهای ناگهانی و تیز و بیش از همه کاهش خطی و یکنواخت ضخامت ورودی پره ای (fan gate) باعث ایجاد اغتشـاش و تداخل هوا با مذاب و ایجـاد بیش از حد تخلخل های گازی در قطعه شده اسـت. پس از ماشینکاری مجدد ورودی پره ای (کاهش غیریکنواخت ضخامت) ضایعات به میزان ١٠٪ کاهش پیدا کرد.

نتیجه

دایکسـت کارهای روی همواره با چالش افزایش اندک سـود خود در مقابل افزایش های سـریع قیمت مـواد اولیه و انرژی مواجه هسـتند. به منظور قرار گرفتن در حاشـیه سـود، ناچارند همواره کیفیت قطعات خود راافزایش دهند که این به منزله کنترل تمام پارامترهای فرآیند می باشـد. چیزی که ازاهمیت بیشتری برخوردار است، اینکه قوانین اصولی طراحی سیسـتم تغذیه همواره باید رعایت شـوند. برای پر شدن بهینه حفره قالب در دایکسـت روی سطح مقطع سیسـتم تغذیه باید از سمت نازل به طرف ورودی کاهـش پیدا کند. بـرای تولید قطعات تزیینی، سـرعت ورودی در دامنه ٤٠-٥٥m/s و زمان پر شـدن قالب در محدوده ٢٠-٤٠ms مناسب اسـت. جهت قطعاتی که آبکاری می شـوند، زمان پرشدن زیر ٢٠-٤٠ms ترجیح داده می شود. اگر شما دیدگاه کاهش قیمت قالب با نادیده گرفتن اصول طراحی سیسـتم تغذیه را دارید، مطمئن باشـید هزینه بیشـتری را متحمل خواهید شد. این مثل معروف را فراموش نکنید:

"Pay now or pay later (& forever)"

مرجع

1- Die Casting Engineer. March 2007, Ke Zhang - Doug K.Gross

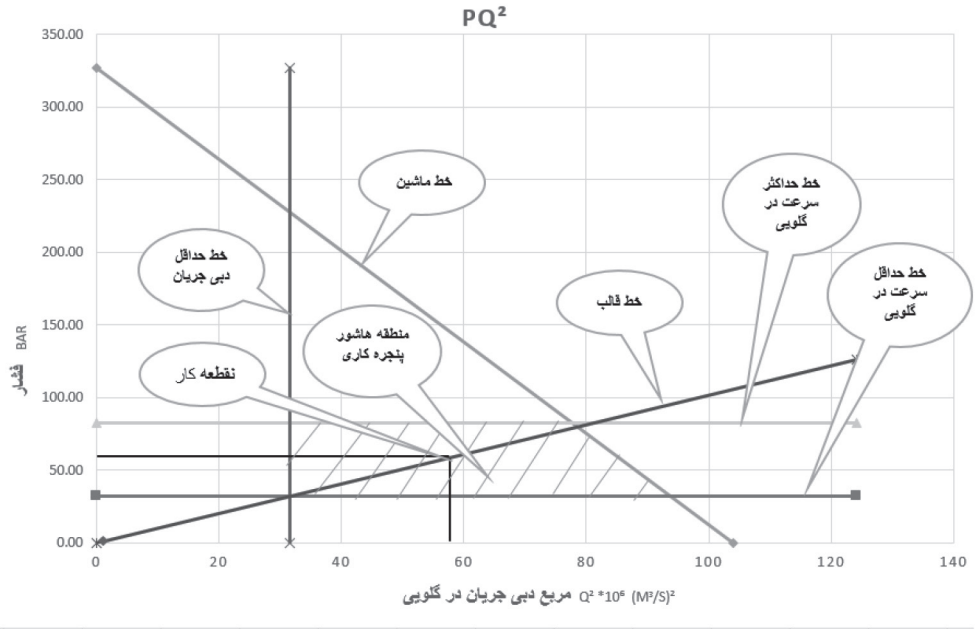
کمی در مورد ابزار PQ^2 در طراحی قالب

نویسنده: مجتبی ستوده فرد

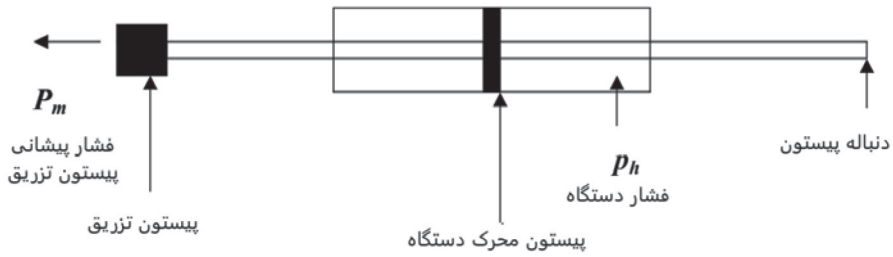
مقدمه

بـه دفعات طراحان قالب دایکسـت اصطلاح PQ^2 را شـنیده اند و کم وبیش از اهمیت استفاده از این ابزار کاربردی مطلع هستند. در این مطلب سعی شـده با کمک مقاله سـاده ایی که از طرف شـرکت ماگما، صاحب نرم افزار پرقدرت ماگما برای شـبیه سـازی فرایند تزریق، کمی راجع به آن بیشـتر گفته شود، چراکه حل بسـیاری از معضلات پیش آمده طی فرایند تولید بـا بکارگیری صحیح این ابزارقابل پیش بینی و پیشـگیری اسـت و شرایط بهینه را برای طراحی قالب و پارامترهای تولید معرفی می کند.

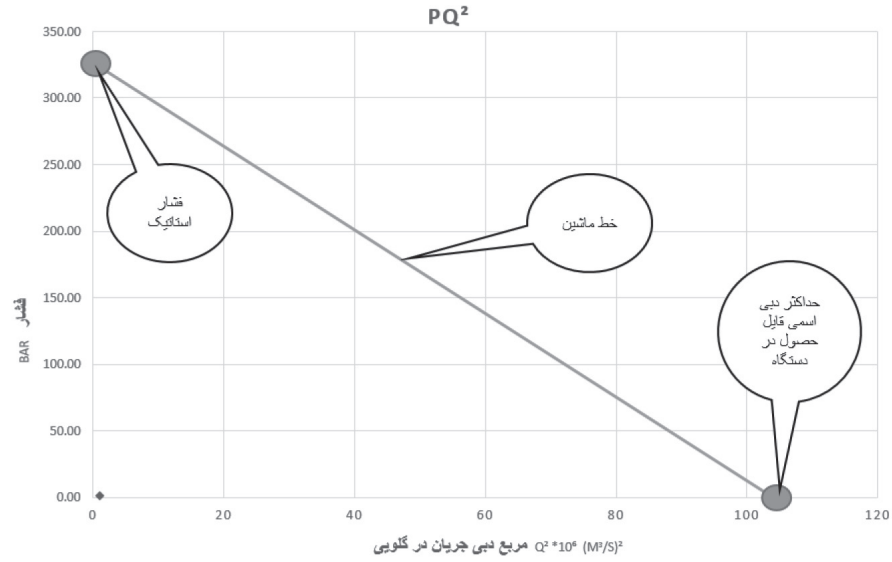
اسـتفاده از این ابزار از چند جنبه قابل استفاده و بکارگیری آن بسیار مفید و موثر اسـت. دانستن و بکار گیری این ابزار از دید دایکست کار پیدا نمودن بهترین تنظیم فشـار آکومولاتور و سـرعت شـوت در فاز دوم تزریق برای تولید با یک قالب خاص و یک دسـتگاه مشـخص کاربرد دارد. البته، صحیح این اسـت که طراح قالب، مشـخصات اولیه تنظیم را (شامل موارد ذکر شـده) بهمراه قالب برای دسـتگاه تزریقی که قالـب برای آن طراحی شـده ارائـه نماید - هرچنـد که این فراینـد در اکثر مـوارد در ایران انجام نگرفته و اپراتور با انجام سـعی و خطا به این تنظیمات دست پیدا می کند. از دید طـراح قالب بکار گیری این ابزار، ضمن کمک به طراحی سیسـتم راهگاهی، منجر به اطمینان از تولید قطعاتی با نیازهای کیفی که از طرف مشـتری مطرح شده است می باشـد. همچنین طراح با اسـتفاده از این ابزار کاربردی، متناسب بودن دستگاه موجود با قالب برای تولید را بررسی نموده و یا پیشـنهاد بکارگیری دستگاه مناسب برای تولید را ارائه می دهد که البته توضیح هر یک از این موارد نیاز به باز نمودن دقیق تر مطلب دارد. شکل یک مثالی از یک نمودار PQ^2 ارائه می دهد.



▲ شکل ۱- مثالی از یک نمودار PQ^2



▲ شکل ۲- پیستون محرک دنباله دار



▲ شکل ۳- خط ماشین

اما این نمودار برای نشان دادن چه مطلبی است؟

همانطورکه در شـکل ۱ دیده می شـود، محور عمودی نمودار نشـان دهنده فشـار مذاب در پیشـانی پیسـتون تزریق در هنگام شوت مذاب به درون قالـب (Metal Pressure) و محـور افقی آن معـرف توان دوم دبی جریان مذاب هنگام عبور از گلویی قالب است. این نمودار متشکل از چند خط مختلف اسـت که هر یک محدودیتی برای تولید را نشـان می دهد و حاصل آن پیدا شدن منطقه و یا پنجره ایی است (محدوده هاشور خورده) که اگر تولید در شـرایط محدوده ایـن پنجره صورت بپذیرد کیفیت قطعه ریختگی در انطباق با نیازمندی ها می باشد.

رسـم خط ماشین: خط ماشین خطی است که اگر در مختصات محور عمودی فشـار و محور افقی با توان دوم دبی رسـم گردد بصورت مستقیم خواهد بود. این خط با شـیب منفی بوده و محور عمودی را در یک نقطعه قطع می کند که فشـار متناظر به این نقطه فشار استاتیک و سایر فشارها بر روی این خط ماشـین را فشار مواد یا متال پرشرمی نامند. نقطه برخورد خط ماشـین با محور عمودی در واقع نقطه ای است که پیستون به انتهای شـوت رسـیده، محفظه قالب پر شـده و پیسـتون متوقف گردیده است.

بنابراین دبی جریان صفر و فشـار در پیشـانی پیسـتون تزریق و همچنین درون محفظه قالب به حداکثرمقدار خود رسـیده است. مقدار این فشار از رابطه ۱ بدست می آید.

رابطه ۱ $P_s=P_h*(D_h^2/D_p^2)$

که در آن:

P_s فشار استاتیک Bar

P_h فشار آکو مولاتور Bar

D_h قطر پیستون محرک دستگاه Cm

D_p قطر پیستون تزریق قالب Cm

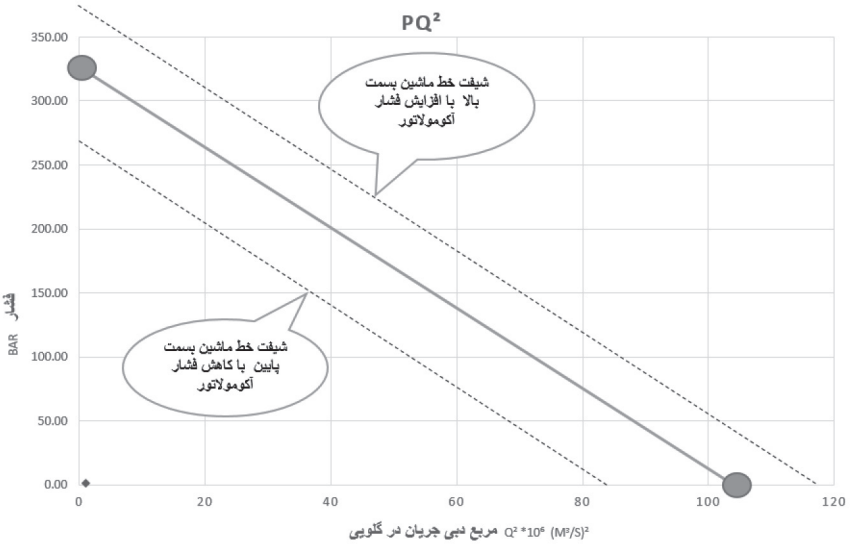
رابطه ۱ : برای سـیلندر های محرک بدون دنباله می باشـد، ولی اگر پیسـتون محرک دنباله دار باشـد (شـکل ۲) قطر موثر پیستون محرک از رابطه ۲ جایگزین می شود.

رابطه ۲ $D_h^2=D_c^2-D_r^2$

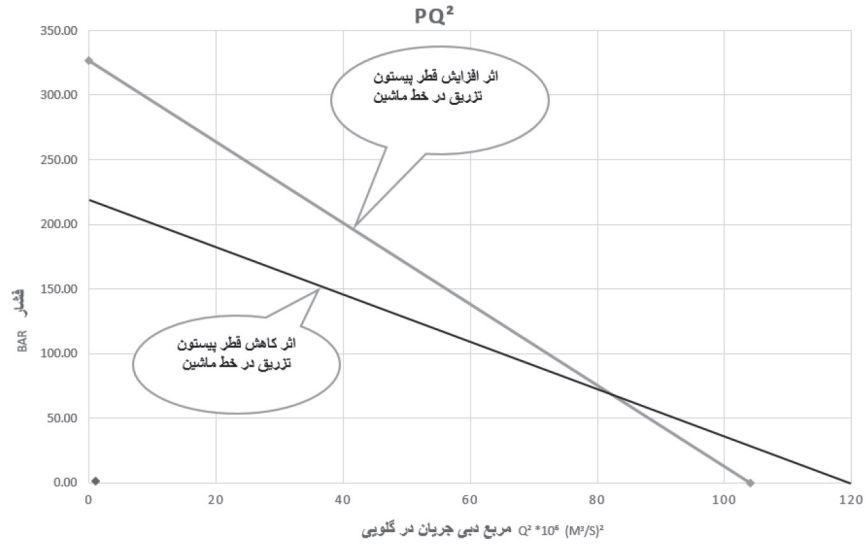
که در آن:

D_c قطر پیستون محرک Cm

D_r قطر دنباله پیستون محرک Cm



▲ شکل ۴- اثر تغییر فشار هیدرولیک در خط ماشین



▲ شکل ۵- اثر تغییر قطر پیستون تزریق در خط ماشین

حال اگـر فرض شـود که در هنـگام تزریق درون پیسـتون هیچ مواد مذابی وجـود ندارد و بعبارتی هیچگونه مقاومتی برای حرکت پیستون وجود نداشته باشد (شرایط Dry Shot)، در این شرایط سرعت پیستون تزریق حداکثر و فشار در پیشانی پیستون تزریق صفر خواهد بود. بعبارت دیگر نقطه ایی از خط ماشین بدست می آید که دارای بیشـترین دبی جریان با متال پرشر صفر اسـت (محل برخورد خط ماشین با محور افقی نمودار). مقدار حداکثر دبـی جریان از رابطه ۳ بدسـت می آیـد. بدین ترتیب بـا اتصال این دو نقطه خط ماشـین رسم می شود (شکل ۳). این خط نشـان دهنده این مطلب است که با شرایط و توانایـی موجود دسـتگاه امکان داشـتن دبی تزریق متناظر با فشـار بالاتـر از این خط وجود نخواهد داشت و محدوده کاری برای نقاط بالای این خط با شرایط موجود دستگاه قابل حصول نمی باشد.

رابطه ۳: $Q_{max} = V_{pd} * (D_p^2/4)$

که در آن:

Q_{max} حداکثر دبی Cm^3/s

V_{pd} سـرعت پیسـتون تزریـق در حالت بدون مذاب Cm/s

D_p قطر پیستون تزریق Cm

تغییـر خـط ماشـین در نمـودار PQ^2 به دو شکل قابل انجام است

حالـت اول: تغییـر در فشـار اکومولانـور. بـا کاهش و یـا زیاد نمـودن فشـار آکومولاتور، خط ماشـین بـه پایین و یا بالا شـیفت پیدا می کند (شـکل ٤). ایـن بدان معنی اسـت که اگر از بالاترین فشـار هیدرولیک دسـتگاه استفاده شـود، محدوده کاری دسـتگاه به حداکثر خود می رسـد و اگر برای تولید قطعه ایی نیاز قدرت شوت بالاتر باشد، دیگر نمی توان از این دستگاه اسـتفاده نمود و برای داشتن محدوده وسیعتر، تنها راه موجود بکارگیری دستگاه تزریق دیگر با قدرت شـوت بالاتر اسـت. اگر فشار هیدرولیک دسـتگاه را کاهش دهیم باعث کاهش محدوده کاری دسـتگاه می شـود. معمولا انجـام اینکار بـرای مواقعـی مفید اسـت کـه بـرای تولید به حداکثر قدرت شـوت دسـتگاه نیاز نباشـد و با کاهش فشـار هیدرلیک دسـتگاه، اسـتهلاک دستگاه را کم می کنیم.

حالت دوم : تغییر خط ماشین با تغییر قطر پیسـتون تزریق امکان پذیر اسـت (شـکل ۵). کم کـردن قطر پیسـتون باعث افزایش شـیب، بالا رفتن نقطه فشـار اسـتاتیک و کاهش میزان حداکثر دبی می گـردد و بالعکس، افزایش قطر پیسـتون تزریق باعث کاهش فشـار اسـتاتیک و افزایـش حداکثر دبی می شـود. بـا آگاهی از همین موارد مربوط به خط ماشـین، طراح قالب درک بهتری برای انتخاب قطر پیسـتون تزریق - که یکی از مهمتریـن پارامترها برای حصول یک قطعه سـالم و دلخواه و انتخاب دستگاه و تعیین فشـار هیدرولیک است - پیدا خواهد کرد. البته بایـد گفت تعیین قطر پیسـتون تزریق به عوامل مختلفـی بسـتگی دارد، از جمله مـی توان در وحله اول فشـار اسـتاتیک مورد نظـر طراح در قالب در انتهای فاز شـوت (برای رسیدن به نیاز هـای کیفی مورد نظـر از قطعه تولیـدی) را نام برد و سـپس فشار آکومولاتور ویا قدرت شوت در

دســترس بسته به دستگاه تزریق و همچنین میزان درصد پر شدن سیلندر تزریق اشاره نمود.

مشــاهده گردید بــرای تغییر خط ماشــین در نمــودار PQ^2 دو حالت امکان پذیر اســت: تغییر فشــار اکومولاتور و یا تغییر قطر پیســتون تزریق. البته حالتی دیگر برای تغییر خط ماشــین وجود دارد که یکی از اهرمهای کنترلی اپراتور می باشــد. این حالت در واقع تغییر دبی جریان با بســتن و یا کم نمودن شــیر ســرعت فاز دوم دستگاه می باشــد. هر چه شیر تنظیم سرعت شوت بسته تر شــود محل برخورد خط ماشین با خط افقی نمودار به مرکز نزدیکتر وبعبارتی، دبی در حالت dry shot کاهش می یابد. شکل ٦ اثر کم کردن سرعت شوت بر روی خط ماشین را نشان می دهد.

با رســم خط ماشــین، نمودار PQ^2 به دو بخش تقسیم شده که از نظر عملی تنها بخش هاشــور خورده در عملکرد دســتگاه دایکست مورد نظر قابل دسترســی می باشد و تنظیم دستگاه برای مناطق خارج از آن امکان پذیر نمی باشد (شکل ۷).

رســم خــط حداقل دبی جریان: بــه این خط، خــط حداکثر زمان پر شدن قالب نیز گفته می شود. بعبارت دیگر، اگر زمان پر شدن قالب از این زمان بیشتر شــود محصول و یا قطعه تزریقی مشخصات کیفی مورد نظر را نخواهد داشــت، چرا که این خط بر اســاس حداکثر زمان ممکن پر شدن قالب محاســبه شــده و متناســب با نیاز کیفی قطعه درخواستی می باشد (زمان پر شــدن قالب از زمانی محاسبه می شــود که مذاب از گلویی وارد شده و تا پر شدن محفظه قالب و اورفلوها ادامه دارد. این زمان در محدوده چند هزارم ثانیه می باشــد) (شکل ۸). تعیین این زمان از اهمیت بسیاری در طراحی قالب برخوردار است و به عوامل مختلفی بستگی دارد.

رابطه ٤ روش محاسبه حداکثر زمان پر شدن قالب را ارائه می دهد.

رابطه ٤ $$t = K((T_i - T_f + SZ)/(T_f - T_d))T$$

که در آن:

t (s) حداکثر زمان پر شدن قالب

K (s/mm) ثابــت تجربی متناســب با ضریــب انتقال حرارت فولاد مصرفی در قالب

T_i (°C) درجه حرارت مذاب در لحظه تزریق در گلویی قالب

T_f (°C) درجه حرات سالیدوس مذاب

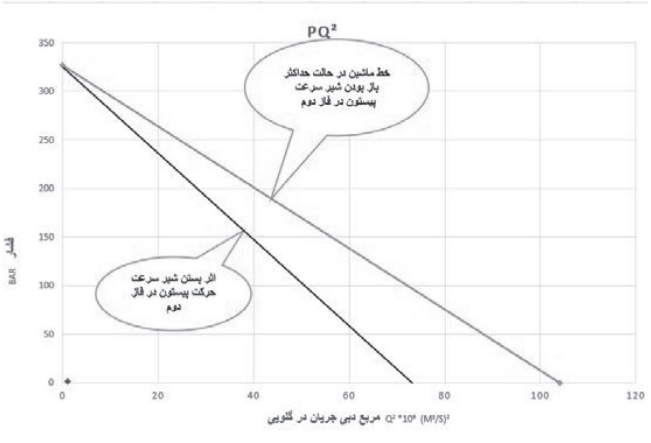
S درصد جامد در انتهای زمان تزریق ویا لحظه ایی که قالب پر شده ٪

Z ضریب تبدیل متناسب با دامنه انجماد آلیاژ

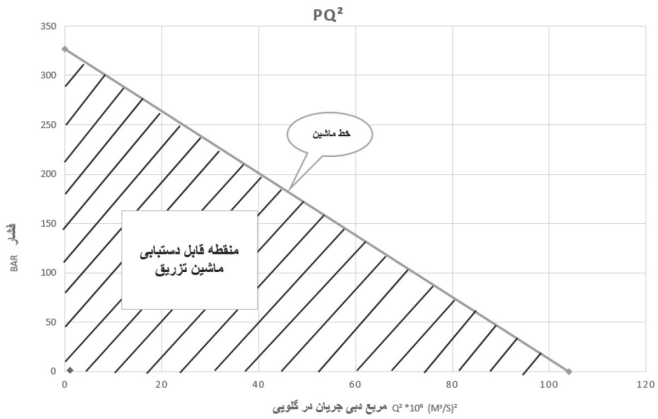
T_d (°C) درجه حرارت قالب درست قبل از تزریق

T (mm) ضخامت متوسط حداقل قطعه

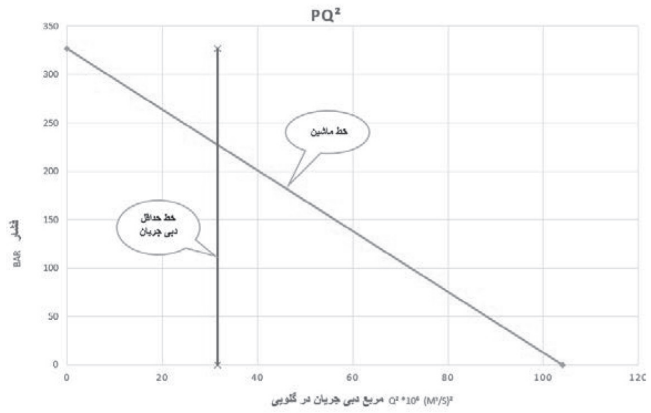
پارامترهای ارائه شده در رابطه ٤ هرکدام نیاز به شرح و توضیح دارد که بیان آن دراین مطلب نمی گنجد. فقط بطور کلی می توان گفت تعیین و یا انتخاب مقدار هرکدام از این پارامترها رابطه مستقیم با کیفیت مورد انتظار از قطعــه پس از تزریق و مشــخصات قالب دارد. پس از محاســبه حداکثر زمان پر شــدن قالب، باید حجم مواد بعد از گلویی قالب را از مدل قطعه و میزان حجم ســرباره گیر (Overflow) بدست آورد. با دانستن حجم بعد از گلویــی در قالب و حداکثر زمان پر شــدن قالب، از رابطه ٥ دبی حداقل را برای رسم در نمودار PQ^2 بدست می آوریم. در واقع تنها با حداقل این دبی جریان مواد در گلویی اســت که میتوان حجم محفظه قالب پس از گلویی را در مدت زمان محاسبه شده پر نمود.



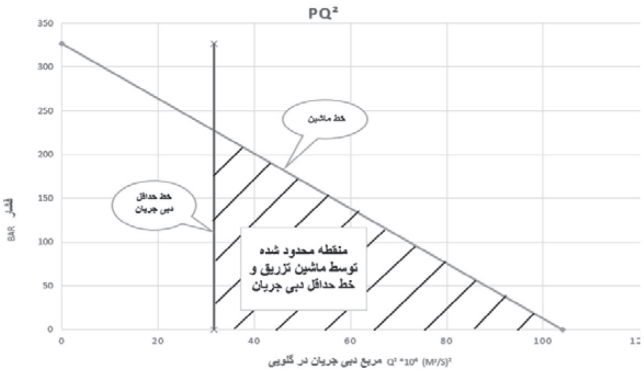
▲ شکل ۶- اثر کم کردن سرعت شوت بر روی خط ماشین



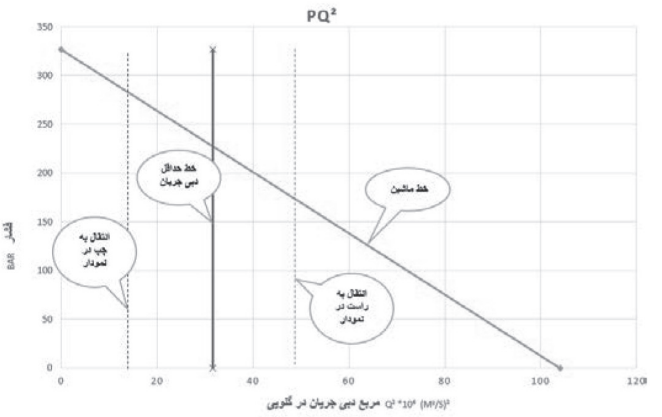
▲ شکل ۷- منطقه قابل دسترسی ماشین تزریق در نمودار PQ^2



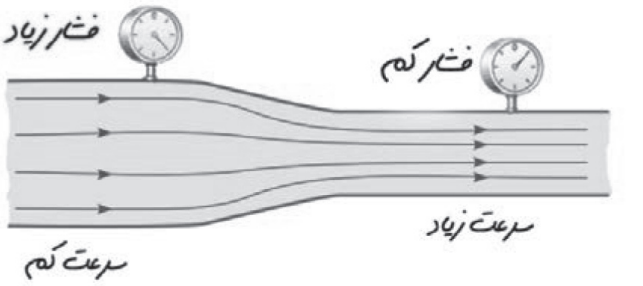
▲ شکل ۸- خط حداقل دبی جریان



▲ شکل ۹- ناحیه هاشورخورده پنجره کاری برای تولید قطعه با الزامات کیفی مشخص را نشان می دهد.



▲ شکل ۱۰- تاثیر تغییر پارامترها در جابجایی خط حداقل دبی، انتقال خط به چپ با افزایش درجه حرارت مذاب، قالب و انتخاب درصد بالاتر جامد در انتهای پر شدن قالب، بالاتر رفتن ضخامت متوسط حداقل قطعه، استفاده از آلیاژی با مقدار دامنه انجمادی بالاتر و در نهایت آلیاژی با درجه حرارت سالیدوس کمتر، خط حداقل دبی در نمودار را به سمت چپ جابجا می کند. منطقه کاری قابل دسترس کاری بیشتر و بالعکس.



▲ شکل ۱۱- اصل برنولی

رابطه ۵:

$$Q_{min} = V/t$$

که در آن:

Q_{min} (Cm^3/s) دبی حداقل

V (Cm^3) حجم بعد ازگلویی شامل حجم قطعه و سرباره گیر

t (S) زمان پر شدن حداکثر قالب

بـا تعییـن دبی حداقل، مجـذور مقدار آنـرا بصورت خطی مسـتقیم و موازی محور فشـار ترسـیم می کنیم. رسـم این خط بدین معناست که محدوده شرایط دبی کوچکتر از آن باعث تولید قطعه بدون داشتن شرایط و نیـاز های کیفی مورد نظر می گردد. با رسـم این خط عملا منطقه کاری ممکـن که امکان تولیـد قطعه با کیفیت درخواسـتی و توانایی دسـتگاه سازگار است به محدوده هاشور خورده در شکل ۹ کاهش می یابد.

همانطور که در مورد چگونگی جابجایی خط ماشین و عوامل آن بیان گردیـد، در مورد جابجایی خط حداقـل دبی هم می توان با توجه به رابطه ٤ مشـاهده نمود که با افزایش درجه حرارت مذاب و قالب و انتخاب درصد بالاتر جامد در انتهای پر شدن قالب وبالاتر رفتن ضخامت متوسط حداقل قطعـه و همچنین اسـتفاده از آلیاژی با مقدار دامنـه انجمادی بالاتر و در نهایت آلیاژی با درجه حرات سالیدوس کمتر، خط حداقل دبی در نمودار را به سـمت چپ جابجا نمـود. بعبارت دیگر منطقه کاری قابل دسـترس کاری بیشـتر می شود و بلعکس آن باعث محدود تر شدن دامنه کاری می گردد (شکل ۱۰).

برای رسـم خطوط دیگـر نمودار PQ^2 باید ابتدا کمـی راجع به قانون برنولی، فیزیک دان و ریاضی دان نابغه سوئیسـی و هلندی‌الاصل بیشـتر بدانیم . این قانون در واقع بیانگر اصل بقای انرژی در سـیالات می باشـد (رابطه ٦).

رابطه ٦ رابطه برنولی

انـرژی در واحد حجم سـیال در حالت اولیه = انـرژی در واحد حجم سیال در حالت بعد

$$\text{ثابت} = P1 + (½)\rho v_1^2 + \rho g h_1 = P_2 + (½)\rho v_2^2 + \rho g h_2$$

که در آن:

P بخش انرژی فشار در واحد حجم

$\rho v^2(½)$ بخش انرژی جنبشی در واحد حجم

ρgh بخش انرژی پتانسیل در واحد حجم

P (Bar) فشار

V (m/s) سرعت

ρ (gr/Cm3) جرم حجمی

g (m/s^2) شتاب جاذبه زمین

h (m) ارتفاع

در شرایط خاص - همانند شـرایط تزریق در دستگاه دایکست - رابطه فوق با صرفه نظر از مقادیر ناچیز و در نظر گرفتن ضریبی که ناشی از اتلاف انرژی ناشـی از اصطکاک سیسـتم تزریق می باشـد به رابطه ۷ ساده می شود.

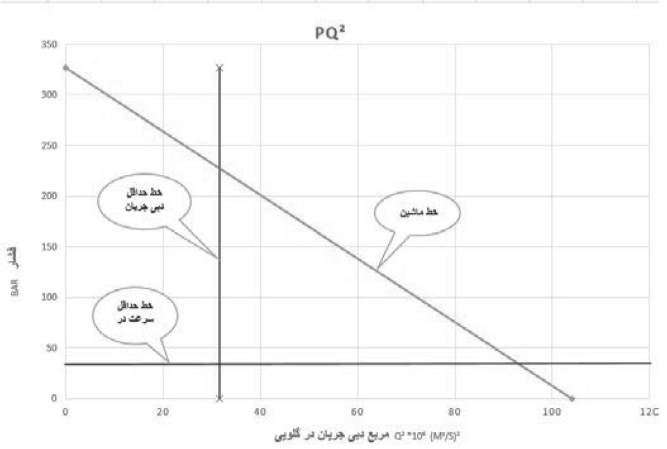
رابطه ۷

$$P_1 = (½)\rho)v_2/Cd)^2$$

که در آن:

P (Bar) فشار

ρ (gr/Cm^3) جرم حجمی



▲ شکل ۱۲

v سرعت (m/s)

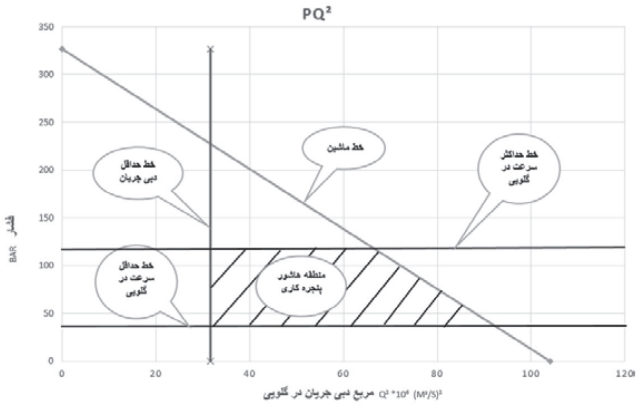
C_d ضریب تخلیه (-)

میزان ضریب تخلیه برای گذاشتن در رابطه ۷ در دستگاه تزریق برای آلیاژهای آلومینیوم، ۰/۵ و برای آلیاژهای روی ۰/۶ پیشنهاد گردیده است.

لازم به ذکر است که در اصل برنولی در مسیر حرکت یک مایع یا گاز در لوله چنانچه سرعت بیشتر باشد، فشار کمتر است و برعکس اگر فشار بیشتر باشد، سرعت کمتر است (شکل ۱۱).

رسم خط حداقل و حداکثر سرعت در گلویی : برای داشتن کیفیت در قطعه دایکستی باید سرعت مذاب در هنگام عبور از گلویی قالب بحدی بالا باشد که این جریان مذاب بصورت اتمیزه (پودر) وارد قالب شود. این سرعت برای آلیاژهای مختلف مواد مذاب متفاوت است. مثلا برای آلیاژ های آلومینیوم ۲۵ متر بر ثانیه و برای آلیاژهای روی ۳۸ متر بر ثانیه را پیشنهاد نموده اند که با قرار دادن آن در رابطه ۷ فشار پیشانی پیستون تزریق (متال پرشر) برای حداقل سرعت محاسبه می گردد. با رسم این خط در نمودار PQ^2 نمودار به دو بخش پایین این خط و بالای آن تقسیم می گردد. تنظیم شرایط با مقادیر پایین این خط بیانگر این مطلب است که سرعت در گلویی تزریق از میزان حداقل پایین تر بوده، لذا کیفیت قطعه تولیدی نامطلوب پیش بینی می شود. بنابراین، خط محدوده دیگری برای شرایط تنظیمی تولید ایجاد می نماید. مقادیر زیر این خط نامطلوب و مقادیر بالای خط مطلوب از بابت حداقل سرعت در گلویی می باشد. در شکل ۱۲ با رسم سه خط ماشین، خط حداقل دبی و خط حداقل سرعت در گلویی، منطقه قابل دسترس و مطلوب در بین این خطوط محدود گشته و خارج از آن قطعه تولیدی مشخصات کیفی مورد انتظار را نخواهد داشت.

از آنجا که سرعت بیش از حد جریان مذاب در گلویی نیز باعث سایش قالب و از بین رفتن سریع آن می گردد، لذا برای حد بالای سرعت در



▲ شکل ۱۳

گلویی نیز از طرف منابع معتبر جهانی حداکثری توصیه شده است. برای مثال برای آلیاژهای آلومینیوم این عدد ٤١ متر بر ثانیه و برای آلیاژ های روی ٤٦ متر بر ثانیه ذکر شده است. با قرار دادن این عدد در رابطه ۷ مقداری برای متال پرشر بدست می آید که گذر از آن باعث فرسایش زود هنگام قالب می شود. بدین ترتیب با رسم این خط پنجره کاری از طرف بالای نمودار باز هم محدود تر می گردد (شکل ۱۳). اگر پس از رسم نمودار PQ^2 منطقه ایی بین خطوط بدست نیامد نشاندهنده این مطلب است که تولید قطعه با مشخصات درخواستی با دستگاه مورد نظر امکان پذیر نیست و اگر محدوده فوق دارای وسعت کمی باشد، تولید با سختی صورت می گیرد و پارامترهای تولید باید بشدت تحت کنترل باشند و اگر این محدوده بزرگ باشد تولید با شرایط سهل تر و مطمئن تر صورت می پذیرد و طراحی قالب با فراق بال بیشتر طراح قالب انجام می گیرد. شاید یکی از شرایطی که طراح قالب خوب را از طراح قالب بد متمایز می کند، اشراف کامل طراح خوب به محدودیت ها برای طراحی قالبی که بصورت مطمئن با حفظ نیازمندی های کیفی مشتری و شرایط دستگاه موجود قادر به تولید باشد.

ترسیم خط قالب : برای ترسیم خط قالب مجددا به رابطه برنولی نیاز است با این تفاوت که بجای سرعت در گلویی در رابطه ۷، مقدار برابر آن از رابطه ۸ را جایگزین می کنیم و به رابطه ۹ برای ترسیم خط قالب می رسیم.

رابطه ۸ $V = Q/A_g$

$P = (½)\rho(V/C_d)^2$

$P = (½)\rho(Q/A_gC_d)^2$

رابطه ۹ $P = (\rho/2A_g^2C_d^2)Q^2$

P (Bar) فشار

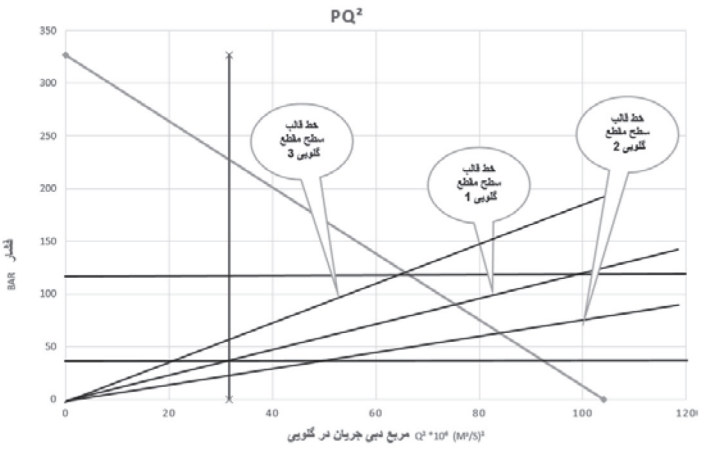
ρ (gr/Cm³) جرم حجمی

v (m/s) سرعت

C_d (-) ضریب تخلیه

Q (m³/s) دبی

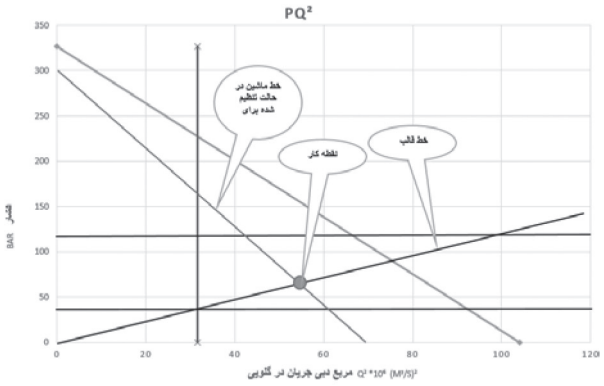
A_g (m²) سطح مقطع گلویی سیستم راهگاهی قالب



▲ شکل ۱۴- خط قالب و وابستگی شیب به میزان سطح مقطع گلویی قالب

از رابطـه ۹، قسـمت داخـل پرانتز برای یک سـطح مقطـع گلویی طراحی شده مقدار ثابتی اسـت. بنابراین برای هر سطح مقطع گلویی در نمودار PQ^2 خطی قابل رسم است که این خط از مرکز مختصات عبور می کند. به این خط از آنجهت خط قالب می گویند که بواسـطه میزان سـطح مقطع گلویی قالب، شـیب آن مختلف می گردد (شـکل ١٤). اگر سـطح مقطـع گلویی افزایش یابد، خط از حالت ۱ به حالت ۲ چرخش می کند و بالعکس، اگر سـطح مقطع گلویی کاهش یابد خط از حالت ۱ به حالت ۳ چرخش می کند.

باید توجه داشـت که محل تلاقی خط ماشین در حالت تنظیم شده با پارامترهای در اختیار، شامل تنظیم فشار آکومولاتور، تنظیم سرعت شوت فاز ۲ و قطر پیستون تزریق (در مرحله طراحی) با خط قالب نقطه کار است و تـلاش از طرف طـراح قالب باید بنحویی صورت پذیـرد که این نقطه در وسط محدوده کاری که با هاشور مشخص شده در شکل قرار گیرد (شکل ۱۵) تا اگر تغییرات پیش بینی نشـده در تولید و تنظیمات در حین تولید



▲ شکل ۱۵

اتفاق افتـاد نقطه کاری قطعه تولیدی همچنان در منطقه هاشـور خورده باقی بماند.و تلاش از طرف اپراتور دستگاه نیز باید بنحوی باشد که درجه حرارت های قالب و مذاب ، نوع آلیاژ ، فشـار آکومولاتور و سرعت پیستون تزریق در فاز ۲ بر اساس داده های طراح قالب باشد.

تاکید می شـود بودن نقطه کار درون محدوده کاری شـرط لازم برای داشـتن قطعه با کیفیت مورد نظر می باشـد، ولی شـرط کافی نیسـت و عوامل بسـیار دیگری تاثیر گذار هسـتند، از جمله نحوه صحیح بار ریزی، سرعت آرام در فاز ۱، میزان و نحوه اعمال فاز ۳، شرایط خنک کاری قالب، شـرایط پران، شـرایط و روش اعمال رها سـاز، اعمال صحیح زمانهای هر قسمت از سایکل تایم تزریق، کیفیت مذاب و ... که در تحلیل با ابزار PQ۲ وارد نمی شـوند و در جای خود توجه به آنها توسـط طـراح قالب و اپراتور تولید لازم است.

مرجع

GENERIC PQ2 DIAGRAM MAGMA

بچسب نچسب

بررسی پدیده Soldering یا چسبندگی در تخریب قالبهای دایکست آلومینیوم و راه‌های مقابله با آن

نویسندگان: میلاد طهماسبی، مجتبی چنارانی- گروه صنعتی مبتکران

مقدمه

Soldering یا چسبندگی، یکی از عیوب مرتبط با قالب‌های دایکست است که اغلب در هنگام ریخته گری مذاب آلومینیوم اتفاق می‌افتد. این پدیده زمانی روی می دهد که مذاب آلومینیوم با سطح قالب واکنش شیمیایی داده و اتم‌های آلومینیوم و آهن باعث تشکیل لایه‌ای بین فلزی روی سطح قالب می‌شود که پس از خروج قطعه هم روی قالب باقی می‌ماند. در صورتی که قالب دارای پوشش سرامیکی باشد، پدیده Soldering از نواحی که پوشش دچار نقص شده، شروع می‌شود.

عوامل تاثیر گذار روی این پدیده عبارتند از: «دمای قالب»، «دمای مذاب»، «کیفیت سطح»، «فشار تزریق مذاب» و «میزان سختی قالب». برخی از قسمت‌های قالب که توسط مذاب احاطه می‌شوند و نسبت به بدنه قالب، دماهای بالاتری را تجربه می‌کنند - مانند ماهیچه‌ها - بیشتر در معرض این مشکل هستند. با این وجود استفاده از پین‌های ماهیچه برای ایجاد سوراخکاری روی قطعه دایکست، اجتناب‌ناپذیر است. ابتدایی‌ترین راه حل، انتخاب متریال مناسب است و معمولا در صنعت دایکست از فولاد H13 به دلیل مقاومت به Heat Checking و سایش داغ بالای آن استفاده می‌شود[۱].

پدیده Soldering در دایکست به دو صورت بروز پیدا می کند: نوع اول براثر افزایش دما و واکنش شیمیایی بین مذاب آلومینیوم و قالب و نوع دوم در دماهای پایین‌تر که ناشی از واکنش‌های مکانیکی است [۲]. در این مقاله به نوع اول این مشکل به تفصیل پرداخته شده‌است.

Washout پدیده ای است که در آن پوشش محافظ قالب (پوشش / روانساز) توسط مذاب آلومینیوم تخریب می‌شود و مقدمه‌ای برای پدیده Soldering است. لایه تشکیل شده روی قالب اگر از نوع روانسازباشد، اغلب به راحتی توسط مذاب تخریب می‌شود، در حالیکه پوشش‌هایی که توسط فرآیندهایی مثل PVD برروی قالب ایجاد می‌شوند، در تعداد سیکل‌های بالا تخریب می‌شود [۱].

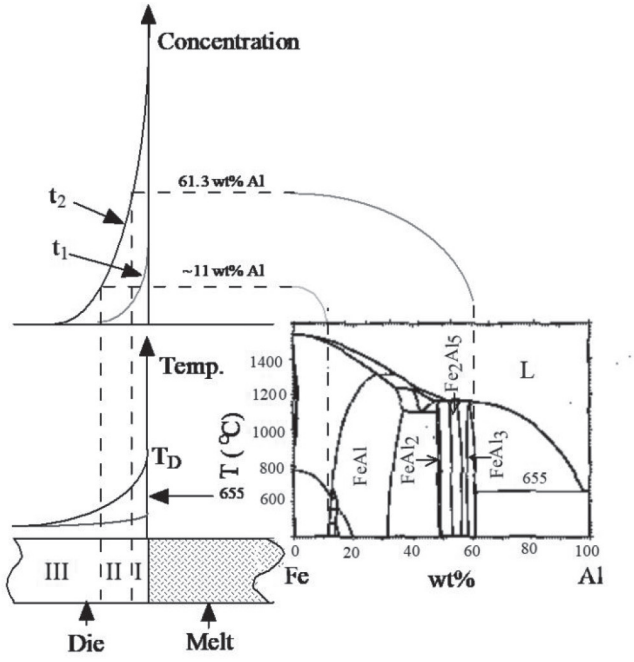
در این مقاله به اختصار به مکانیزم های ایجاد و راه‌های جلوگیری از وقوع این پدیده در قالب های دایکست پرداخته می شود. در قسمت دوم این مقاله، به راه‌های جلوگیری از وقوع این پدیده به تفصیل پرداخته خواهدشد.

مکانیزم ایجاد پدیده Soldering

زمانیکه مذاب آلومینیوم در تماس با قالب قرار می‌گیرد، دمای سطح قالب بالا می‌رود و اگر میزان افزایش دمای سطح قالب از دمای بحرانی تشکیل پدیده Soldering بیشتر شود (TD>TC)، پدیده نفوذ و واکنش شیمیایی رخ می‌دهد. در طی این فرآیند، آهن در مذاب آلومینیوم حل شده و آلومینیوم نیز در سطح قالب نفوذ می‌کند، مگر آنکه مانعی برای نفوذ، مانند پوشش اکسیدی، نیتریدی و ... وجود داشته‌باشد.

در تماس مذاب با سطح قالب، به تدریج یک لایه بین فلزی برروی سطح قالب تشکیل می‌شود که غلظت آلومینیوم موجود در آن به تدریج افزایش می یابد، و میزان این فاز با توجه به دمای موضعی و غلظت آلومینیوم متفاوت است. در هنگام خنک کردن بین پاسی، این فاز مذاب منجمد می‌شود و به شکل ساختار در هم تنیده‌ای از فاز غنی از مذاب آلومینیوم و فاز بین فلزی بین قالب و قطعه ریخته گری شده باعث اتصال قطعه به قالب می‌شود.

نتایج مطالعات نشان می‌دهد که دمای بحرانی پدیده Soldering، دمای انجماد این فاز که در حد واسط بین قالب فولادی و آلیاژ آلومینیوم قرار دارد، یا دمای هم سیمایی می‌باشد. اگر دمای سطح قالب به میزان دمای بحرانی نرسد، یک لایه آلومینیوم بروی سطح منجمد می‌شود که لایه اکسیدی روی سطح لایه منجمد شده آلومینیوم، مانع از نفوذ اتم‌های آلومینیوم و آهن در یکدیگر می‌شود[۳].



▲ شکل ۱) نمایش شماتیک غلظت آلومینیوم و پروفایل دما در سطح قالب و امکان تشکیل فازها برای آلومینیوم خالص، سه ناحیه در شکل مشخص است که پدیده Soldering در ناحیه I اتفاق می‌افتد.

پدیده Soldering برروی قالب دایکست بدون پوشش

در جایی که مذاب برخورد شدیدی با قسمت‌های بدون پوشش قالب و ماهیچه دارد یا جایی که حفره‌ها و تاول‌های سطحی تشکیل می شود، واکنش مذاب آلومینیوم با قالب رخ می‌دهد. همانگونه که در شکل شماتیک ۱ مشاهده می‌شود، زمانیکه قالب گرم شده در تماس با مذاب قرار می‌گیرد، همزمان هم اتم‌های آهن در مذاب آلومینیوم و هم اتم‌های آلومینیوم در قالب نفوذ می‌کنند. به دلیل دمای بالای مذاب، آهن در مذاب حل می‌شود و سرعت حل شدن آهن در مذاب با شروع تشکیل فازهای بین فلزی در سطح قالب به سمت مغز قالب، با توجه به نفوذی بودن فرآیند، کم و کمتر خواهد شد. از عوامل مهم در پدیده Soldering انتقال اتم‌های آلومینیوم به درون ساختار اتمی قالب فولادی است.

مذاب آلومینیوم در تماس با قالب تمایل به نفوذ در قالب و انجام واکنش با آهن برای تشکیل فاز بین فلزی را دارد. زمانی که غلظت آلومینیوم به اندازه کافی افزایش یابد، به تدریج در سطح قالب، فاز بین فلزی تشکیل می‌شود. هرچه غلظت آلومینیوم بیشتر شود لایه بین فلزی ضخیم‌تر خواهد بود. این تغییر غلظت آلومینیوم در نفوذ به قالب را می‌توان به طور شماتیک در شکل ۱ مشاهده کرد. در زمان t_1 غلظت آلومینیوم با منحنی t_1 نشان داده شده است، با گذشت زمان شیب غلظتی افزایش یافته و به نمودار t_2 نزدیک می‌شود، این افزایش در نتیجه افزایش لایه بین فلزی آهن و آلومینیوم می‌باشد.

در این شکل ناحیه I، منطقه تماس قالب با مذاب است، در این ناحیه غلظت آلومینیوم ۶۱/۳٪ درصد وزنی است و شامل فاز $FeAl_3$ که فازی غنی از آلومینیوم است، می‌باشد. دمای ذوب در این ناحیه در محدوده ۶۵۵ درجه سانتیگراد است که بالای این دما آلومینیوم به صورت مذاب می‌باشد.

در ناحیه II میزان غلظت آلومینیوم متغییر بین٪ ۱۱-۶۱/۳ درصد وزنی بوده و فازهای اصلی شامل $FeAl_2$، Fe_2Al_5، $FeAl_3$ و FeAl می‌باشند، دمای ذوب در این ناحیه بالای ۱۱۰۰ درجه سانتیگراد است.

در ناحیه III غلظت آلومینیوم کمتر از ۱۱ درصد وزنی است و دمای ذوب حدود ۱۴۰۰ درجه سانتیگراد دارد.

پایداری یا ثبات فازها در ناحیه I، وابسته به دمای قالب است. اگر دمای قالب پایین‌تر از ۶۵۵ درجه سانتیگراد باشد فازهای ناحیه I جامد خواهند بود، زمانی که دما در ناحیه I به بالاتر از ۶۵۵ درجه سانتیگراد برسد، فازهای مایع ظاهر خواهند شد، که میزان این فاز به غلظت آلومینیوم حل شده و دمای ناحیه تماس، بستگی دارد.

زمانی که دمای سطح قالب (TD) به بالاتر از ۶۵۵ درجه سانتیگراد برسد، کسری از فاز مایع غنی از آلومینیوم بین فازهای Al_xFe_y تشکیل می شود که تصویر شماتیک نحوه تشکیل آن در شکل ۲ آمده‌است. فاز جامد جدید شکل گرفته از مذاب در این فرآیند از یک سو بعد از انجماد قطعه به قطعه وصل است و از سوی دیگر در حفره ایجاد شده در قالب محبوس بوده و به قالب وصل می شود که باعث بروز پدیده Soldering می‌شود.

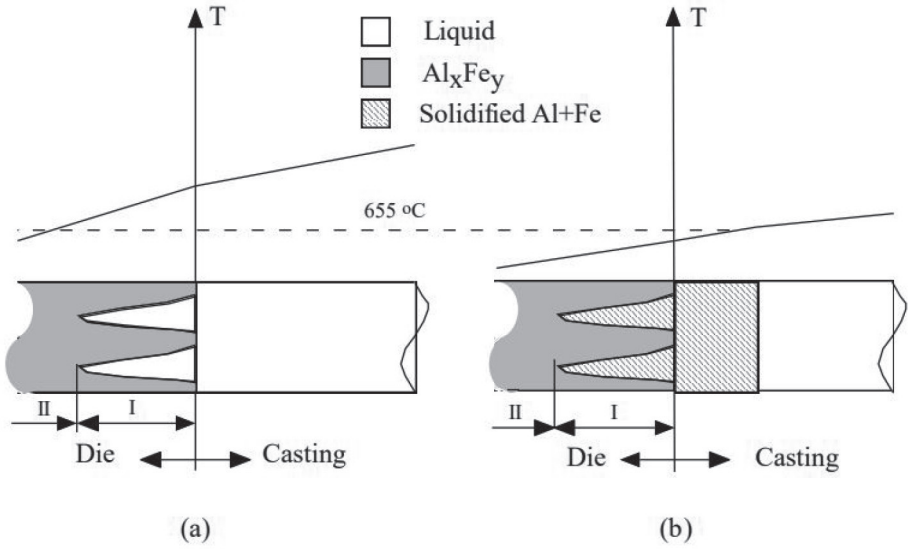
در صورتی که کسر حجمی فاز مایع موجود در این قسمت از قالب کم باشد، اتصال ضعیف‌تر خواهد بود و قطعه ریخته شده به راحتی از قالب جدا می‌شود ولی در صورتی که کسر حجمی فاز مایع به اندازه کافی زیاد باشد، اتصال این فاز با قالب قوی‌تر شده و در نتیجه در زمان خروج قطعه از قالب، قطعه به سختی از قالب جدا شده و باعث زبری سطح قطعه و تخریب سطح قالب می‌شود.

به طور خلاصه می‌توان گفت که فرآیند Soldering در دایکست آلومینیوم دارای سه مرحله است:

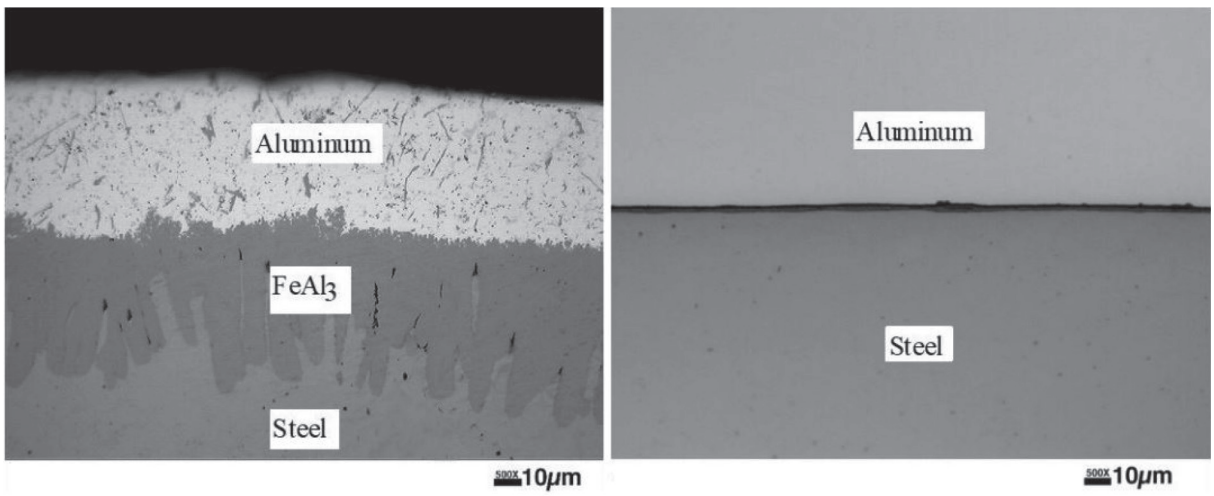
در مرحله اول واکنش آلومینیوم با آهن منجر به تشکیل فازهای بین فلزی در سطح قالب می‌شود و غلظت آلومینیوم در سطح به طور چشمگیری افزایش می‌یابد. در این مرحله از آنجایی که دمای ذوب فازهای بین فلزی بسیار بالاتر از دمای ذوب آلومینیوم است، چسبندگی قالب بعید است اتفاق بیافتد.

در مرحله دوم، غلظت آلومینیوم در سطح قالب افزایش می یابد تا به یک مقدار بحرانی برسد، در این شرایط در زمانی که دمای قالب(TD) بیشتر از دمای بحرانی باشد، این فازها به صورت مایع مشاهده می شود که آغاز فرآیند Soldering است.

در مرحله ۳، کسر فاز مایع بیشتر شده در نتیجه نفوذ اتم آلومینیوم در قالب بیشتر می‌شود[۱] و پدیده Soldering به شکل حاد خود بروز



▲ شکل ۲) شماتیک ایجاد پدیدهSoldering؛ a) حضور فاز مایع در سطح قالب زمانی که دمای سطح قالب بالاتر از دمای بحرانی ۶۵۵ درجه سانتیگراد می‌باشد b) تشکیل اتصال بین قطعه ریخته گری شده با قالب با انجماد فاز مایع



▲ شکل ۳) میکروساختار معمول در سطح قالب a) ایجاد پیوند متالورژیکی در Soldering b) عدم واکنش بین آلومینیوم و قالب

پیدا می کند که باعث چسبندگی شدید قطعه به قالب، تخریب زودهنگام سطح قالب و تسریع فرآیند Heat Checking می شود.

در شکل ۳ ریزساختار معمول تشکیل پدیده Soldering که شامل فاز $FeAl_3$ و فاز یوتکتیک آلومینیوم-آهن می‌باشد نشان داده شده است.

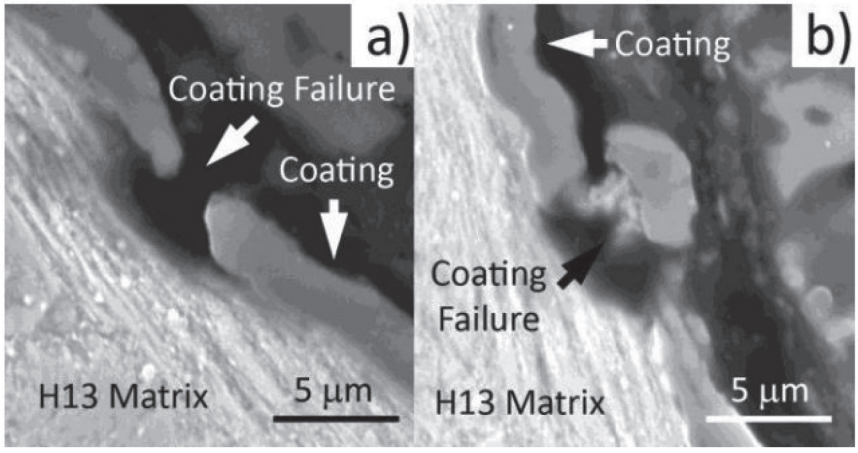
پدیده Soldering برروی قالب دایکست دارای پوشش

در قالبهای دارای پوشش و یاقسمتهایی از قالب مثل ماهیچه‌ها که معمولا دارای پوشش هستند، مکانیزم ایجاد و رشد Soldering کمی متفاوت است و شامل پنج مرحله زیر می‌شود: ۱) ایجاد عیوب موضعی در پوشش ۲) تشکیل حفره ۳) رشد حفره در عمق ٤) اتصالات حفره ٥) ایجاد سطوح خشن و زبر در سطح قالب و ایجاد Soldering

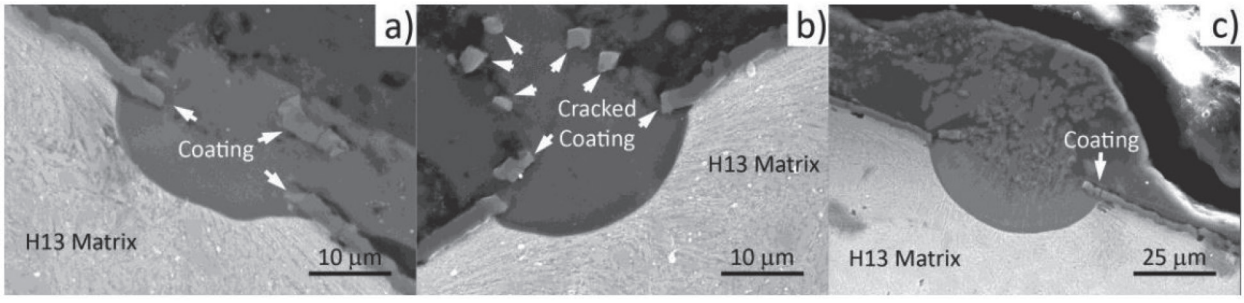
در این نوع قالبها، پدیده Soldering از نقاطی از پوشش که دارای ترک یا جدایش است شروع می‌شود و به تدریج به سطوح داراری پوشش کامل نیز سرایت کرده و به تدریج کل ناحیه را درگیر می کند که در شکل ٤ می‌توان این عارضه را که در قالب H13 اتفاق افتاده مشاهده کرد. شکل پنج مراحل ۲ ، ۳ و ٤ ایجاد soldering در قالبهای دارای پوشش را نشان می‌دهد.

عوامل موثر بر تشکیل پدیده Soldering

عوامل موثر بر تشکیل پدیده Soldering بسیار زیاد هستند، اما کنترل دو عامل زیر باعث کاهش شدید این عیب در قالب می‌شود:



▲ شکل۴) تصویر SEM از تخریب پوشش در قالب H13 ناشی ازa)ترک و b)جدایش



▲ شکل ۵) تصویر SEM از نواحی واکنش a) شکست پوشش با رشد پدیده Soldering b) ترک خوردن پوشش و پراکنده شدن آن c) از بین رفتن پوشش

دما در سطح قالب

دمـای مـذاب در هنـگام ذوب ریزی و سیسـتم خنـک کاری قالب، کنترل کننده دمای سـطح قالب هسـتند که نقش اساسی در بروز پدیده Soldering دارند. دمای بالای سـطح قالب منجر به کاهش سختی سطح قالب و مقاومت به سایش آن می‌شود که قالب را مستعد فرسایش می‌کند. از سوی دیگر همانگونه که گفته شد، افزایش دما رشد فازهای بین فلزی و نفوذ اتم‌های آهن و آلومینیوم را در یکدیگر افزایش می‌دهد.

زبری سطح قالب

بـا افزایش زبری سـطح تمایل به تشـکیل پدیده Soldering بیشـتر می‌شـود. سطوح زبر دمای سطح بالاتری نسـبت به سطوح صاف دارند و همچنین میزان غلظت آلومینیوم و حتی تمرکز تنش در این نواحی بیشتر اسـت. دور از انتظار نیسـت که نواحی آسیب دیده سـطح در حین ریخته گری یا ماشـینکاری مسـتعد پدیده soldering باشـند. دیگر پارامتر مهم طراحی زوایای قالب اسـت که می تواند روی پدیده چسـبندگی تاثیرگذار باشـد. اسـتفاده از پوشـش های مقاوم به دمـا مانند پوششـهای PVD، PACVD، نیتراسیون، TD و سـایر روشهای اعمال پوشش، باعث کاهش زبری سـطح و افزایش مقاومت به سایش و افزایش مقاومت به وقوع پدیده Soldering می شود[۳].

در قسـمت دوم این مقاله به تشـریح روشـهای جلوگیری از وقوع این پدیده بیشتر پرداخته خواهد شد.

مراجع

1. Qingyou Han, Mechanism of die Soldering during aluminum die casting, Article in China Foundry March 2015.
2. Y.L. Chu, P.S. Cheng and R. Shivpuri, Transactions (Rosemont, Illinois: North American Die Casting Association, 1993), pp.361-371
3. Q. Han, E. A. Kenik, and S. Viswanathan, DIE SOLDERING IN ALUMINUM DIE CASTING, Oak Ridge, Tennessee 3783 I-6083

سکوت موریانه‌ها (قسمت دوم)

« چگونه حذف "آخال‌های غیرفلزی" و "باندهای جدایش"، عمر قالب را افزایش می‌دهد؟»

نویسندگان: پریا سلگی، مجتبی چنارانی؛ گروه صنعتی مبتکران

پیش‌گفتار

همانگونه که در قسمت اول گفته شد، با توجه به وابستگی بسیار زیاد طول عمر قالب‌ها از جمله قالب‌های دایکست به "کیفیت فولاد"، واحد تحقیق و توسعه‌ی "گروه صنعتی مبتکران" بر آن شد تا به بررسی نقش و تاثیر دو مورد از مهم‌ترین این عامل‌ها، یعنی "آخال‌های غیرفلزی" و "جدایش میکرو و ماکرو" بر عملکرد فولاد ابزار بپردازد و در همین راستا، اقدام به تولید محتوا در قالب‌های مختلف از جمله فضای مجازی، سایت، نوشتن مقاله و کتاب نموده است.

در مقاله‌ی قبلی از نویسندگان همین مقاله تحت عنوان "سکوت موریانه‌ها" (قسمت اول) که در شماره‌ی ۱۶ مجله انجمن دایکست به چاپ رسید، به بررسی اثرات منفی این عیوب بر عمر قالب پرداخته شد و به عنوان نمونه، قالب یکی از مشتریان "عملیات حرارتی مبتکران" که فولادشان استانداردهای کیفی کافی را نداشت و به سرعت دچار عارضه‌ی تشکیل شبکه‌ی ریزترک‌های سطحی حرارتی تحت عنوان "Heat Checking" شده بود، مورد بررسی قرار گرفت.

در مقاله‌ی "جدایش و نواری شدن در آلیاژهای مهندسی" که آن هم در شماره ۱۶ مجله انجمن دایکست به چاپ رسید، به مکانیزمهای تشکیل "جدایش میکروسکروپی و ماکروسکوپی" و "باندینگ" پرداخته شد. این عیب که باعث ناهمسانگردی در خواص فیزیکی و مکانیکی می‌شود، با فعالسازی مکانیزم‌های مختلف تخریب قالب، باعث کاهش عمر مفید قالب می‌شود.

خوشبختانه پیش از خرید فولاد می‌توان به میزان و شدت حضور این عیوب با آزمون‌هایی استاندارد، نسبتا ساده و کم هزینه پی برد که در این راستا، آزمایشگاه گروه صنعتی مبتکران براساس استاندارد ASTM E45 که مقاله‌ای راجع به آن در شماره ۱۴ مجله انجمن دایکست از نویسندگان همین مقاله به چاپ رسید و نیز "استفاده از تکنیک¬های متالوگرافی"، نیاز مشتریان خود را هم در زمینه‌ی حصول اطمینان پیش از خرید فولاد و حتی عارضه¬یابی پس از بروز مشکل برای قالب‌هایی که عملکرد خوبی نداشته‌اند، برآورده کرده است.

این عیوب در مرحله‌ی فولادسازی شکل می‌گیرند و رفع آن‌ها نیز بایستی در همین مرحله انجام شود و به قول سلطان ملک سخن سعدی:

سَرِ چشمه شاید گرفتن به بیل　　چو پر شد نشاید گرفتن به پیل

در حقیقت اگر در مرحله فولادسازی، عملیات کیفی لازم بر روی فولاد انجام نشود و هنگام خرید نیز از روش‌های استاندارد برای تشخیص این نوع فولادها استفاده نشود، دیگر به کار بردن بهترین روش‌های طراحی و ساخت قالب و پیشرفته‌ترین روش عملیات حرارتی فایده‌ای نخواهد داشت و از سوی دیگر با استفاده از این روش‌ها بر روی فولادی مرغوب، میتوان امید داشت اعتبار و سرمایه قالبسازان و تولید کنندگان به پای قالبی باکیفیت و عمری بالا ریخته میشود و باز به قول استاد سخن سعدی:

شمشیر نیک ز آهن بد چون کند کسی؟　　ناکس به تربیت نشود ای حکیم کس

باران که در لطافت طبعش خلاف نیست　　در باغ لاله روید و در شوره زار خس

همانگونه که در قسمت اول این مقاله آمد، آخال‌های غیر فلزی اثر بسیار زیادی بر کیفیت فولاد گرمکار به ویژه مقاومت آن به Heat Checking و خستگی حرارتی دارد.

در «فولاد مبتکران» برای اطمینان از عدم وقوع این عیوب، از سه راهکار زیر استفاده شده است:

۱-استفاده از برترین سازندگان فولادهای صنعتی در دنیا

۲-تعیین دستورالعمل‌ها و الزامات تولید برای این شرکت‌ها در هر سفارش

۳-کنترل محصول خریداری شده بر مبنای استانداردهای روز دنیا و معیارهای کیفی تعیین شده برای فولادساز.

در این مقاله طبق وعده‌ای که در قسمت اول داده شده بود به مکانیزم‌ها و روش‌های اصلی حذف این عیوب در مرحله فولادسازی پرداخته شده است.

مقدمه

آخال‌های غیرفلزی و باندهای جدایش در فرایند فولادسازی ایجاد می‌شوند و کنترل آن‌ها هم بایستی در همین مرحله انجام شود. به فرایندهایی که به منظور ارتقای کیفیت فولاد انجام می‌شود، متالورژی ثانویه[1] می‌گویند که در این مقاله به برخی از آن‌ها که برای کنترل عیوب فوق در فولاد H13 بیشتر استفاده می‌شوند، پرداخته می‌شود.

منظور از کنترل این عیوب یعنی:

۱-کاهش یا حذف میزان این عیوب

۲-اصلاح شکل آن‌ها به سمت شکل‌های با کرویت بالاتر

۳-اصلاح نحوه‌ی توزیع آن‌ها با هدف جلوگیری از تجمع آن‌ها در یک ناحیه خاص به عنوان نقاط تمرکز تنش.

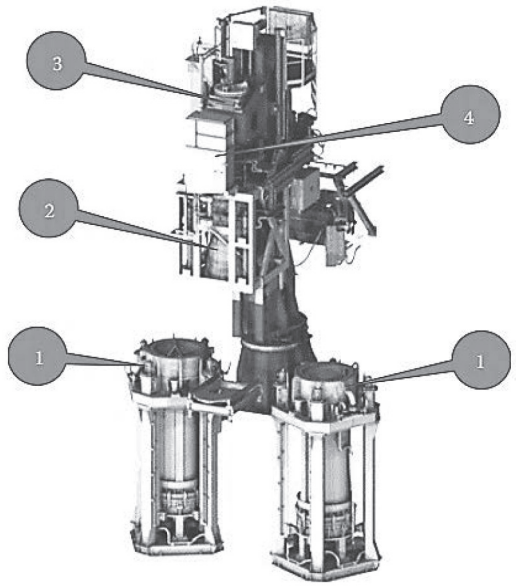
حذف و یا کاهش آخال‌های غیرفلزی

همانگونه که در قسمت اول این مقاله آمد، آخالهای غیر فلزی اثر بسیار زیادی در کاهش کیفیت فولاد، از جمله فولادهای ابزار گرمکار H13 و به ویژه کاهش مقاومت آنها در برابر بروز پدیده Heat Checking دارد. این عیب در مرحله‌ی انجماد، یعنی زمانی که فولاد از حالت مذاب به جامد تبدیل می‌شود، ایجاد می‌شود. برای حذف آخال‌های غیرفلزی و یا کاهش ابعاد، کسر حجمی و اصلاح نحوه‌ی توزیع این عیوب، از روش‌های مختلف متالورژی ثانویه که مهم‌ترین آن‌ها ESR است، استفاده می‌شود[۱]. البته بعضی از مراجع، ESR را جزو فرایندهای متالورژی ثانویه نمی‌دانند و آن را به عنوان تکنیکی ویژه که در فولادسازی مدرن به منظور بهبود کیفیت فولاد انجام می‌شود، معرفی کرده‌اند[۲]. در ادامه به معرفی و بررسی تاثیر این عملیات بر حذف آخال‌های غیرفلزی پرداخته خواهد شد. لازم به ذکر است این عملیات در حذف سایر عیوب و به ویژه عیب جدایش نیز بسیار موثر است.

فرآیند ESR

عملیات ESR به منظور بهبود کیفیت فولاد با هدف کاهش و یا حذف ناخالصی‌هایی که حین فولادسازی و یا ریخته گری در مذاب باقی می‌مانند و نیز حذف و یا کاهش جدایش‌های میکروسکوپی و ماکروسکوپی تشکیل شده حین انجماد، انجام می‌شود[۳].

تریدلو و همکارانش[٤]، با مقایسه‌ی دو فولاد ابزار گرم کار H13 یکی در حالت ESR و دیگری ESR نشده، به بررسی تاثیر ناخالصی‌های غیرفلزی بر خستگی پرچرخه[2] پرداختند. نتایج این پژوهش بیانگر آن بود که استحکام خستگی فولاد H13-ESRحدودا ۱۵٪ بیشتر از فولاد ESR



▲ شکل ۱ - تصویر شماتیک فرایند ESR ناحیه۱: قالب‌ها ناحیه۲: هود گاز محافظ ناحیه۳: بالای کوره ناحیه۴:سرباره و افزودنی‌ها][۷].

نشده است، زیرا در فولاد ESR نشده ابعاد آخال‌های غیرفلزی به شدت بزرگتر از فولاد ESR شده است.

لازم به ذکر است که نقطه شروع اغلب ترک‌هایی که در قالب‌های ساخته شده از فولاد H13 منجر به شکست شده‌اند، خستگی حرارتی گزارش شده است. مشاهدات ریزساختاری بیانگر آن است که نقطه شروع ترک در بیشتر موارد، آخال‌هایی با ترکیبات اکسیدی و سولفیدی هستند و حتی در فولاد H13-ESR که مقدار گوگرد به شدت کاهش یافته است، با وجود آنکه منشا ترک، باز هم آخال‌ها بوده‌اند ولی آخال‌ها در نمونه‌ی H13-ESR عمدتا کروی و با ابعاد نصف ابعاد آخال‌ها در نمونه H13 بدون ESR هستند و به همین دلیل با انجام این عملیات، مشکلات ناشی از حضور آخال‌ها مانند افت در خواص مکانیکی و به ویژه عیب Heat checking کاهش یافته و تاثیر منفی آن‌ها بر عمر مفید قالب‌ها به شدت کاهش می‌یابد. لازم به ذکر است در فولاد H13-ESR با حذف و یا کاهش عیوب داخلی، باز هم پس از تعداد سیکل‌های به مراتب بالاتر، منشا شکست، عیوب سطحی گزارش شده است. در نتیجه، با توجه به پارامتر انتشار ترک و حد خستگی می‌توان گفت ترک‌ها در نمونه H13-ESR سخت‌تر منتشر می‌شوند. بنابراین یکی از راه‌های جلوگیری از ایجاد انواع ترک‌ها از جمله ترک‌های حرارتی، انجام فرآیند ESR است[۵].

فصل مشترک آخال و زمینه محل مناسبی برای جوانه‌زنی ترک و تشکیل حفرات و در نتیجه افت خواص خستگی فولاد است و فولاد ESR شده هم از این قاعده مستثنا نیست. فاکتورهای متعددی هستند که می‌توانند باعث باقی ماندن آخال‌های غیرفلزی در درون فولاد ESR شده شوند که عبارتند از: اتمسفر کوره، مقدار آخال‌ها در فولاد قبل از انجام ESR، مقدار سرباره و ترکیب آن، توان ورودی و نرخ ذوب.

۱- متالورژی ثانویه به مجموعه فرایندهایی گفته می‌شود که پس از فولادسازی اولیه و پیش از استفاده نهایی به منظور ارتقای کیفیت فولاد، بر روی آن‌ها انجام می‌شود. در حقیقت وجه تمایز کیفیت فولادهای مختلف در بازار، نوع و میزان عملیات متالورژی ثانویه انجام شده بر روی آن‌هاست.

2. Very high cycle fatigue(VHCF)

بیشـتر آخال‌های غیرفلزی در نتیجه‌ی واکنش بین اکسیژن با عناصر آلیاژی مانند منگنز، سیلیسیم و آلومینیم تشکیل می‌شوند. اکسید زدایی سـرباره در طول فرایند تاثیـر مهمی بر کاهش میزان تشـکیل آخال‌های غیرفلزی در شـمش ESR شـده دارد، ولی در مجموع انجام فرایند ESR باعث حذف آخال‌های درشت می‌شـود. این موضوع در شکل ۱ به خوبی نشان داده شـده است. اگر ترکیب سرباره مناسـب باشد، دما به اندازه‌ی کافی بالا و زمان به اندازه کافی طولانی باشـد، آخال‌های غیرفلزی درون سرباره حل و در نهایت فولادی تمیز حاصل خواهد شد[٦].

تصویر شماتیک فرایند ESR در شکل ۱ نشان داده شده است[۱].

نرخ ذوب مجدد

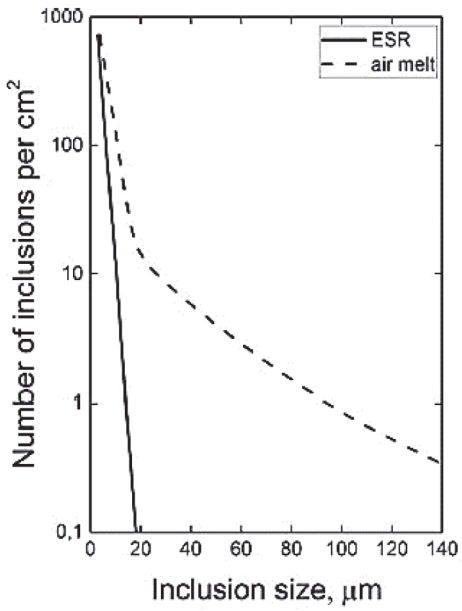
از آنجایی که سـاختار شـمش یکی از مهم تریـن پارامترها برای ذوب مجدد فولادهای ابزار اسـت، نـرخ ذوب مجدد فاکتور اصلـی برای ایجاد سـاختار شـمش فاقد جدایش اسـت. به عنوان یک قانون کلی نرخ ذوب فولادهـای ابـزار با واحـد kg h، در نتیجه ضرب قطر بر حسـب میلیمتر در ۰/۸ تـا ۱/۰ بـه دسـت می‌آید. مثلا وقتـی یک شـمش ESR با قطر ۱۰۰۰ میلیمتر تولید می‌شـود، نرخ ذوب مجدد بهتر است در محدوده‌ی ۸۰۰ kg/h تـا ۱۰۰۰ kg/h باشـد[٦]. کنتـرل فرایند یکـی از مهم‌ترین فاکتورهای اثرگذار بر کیفیت شـمش اسـت. نرخ ذوب بایسـتی در طول فرایند ثابت باشد در صورت تغییر پیاپی سرعت ذوب، عیوب داخلی درون شمش شکل خواهد گرفت.[۷].

ترکیب سرباره

نکته حائـز اهمیت در فرایند ذوب مجدد آنسـت کـه تمرکز اصلی در درجه اول بر کنترل ساختار و سپس بر اصلاح ترکیب است اما با این وجود پتانسیل اصلاح ترکیب شـیمیایی نیز در این فرایند وجود دارد. سرباره در فرایند ESR شـامل CaF_2 ، ترکیبات اکسـیدی و هیدروکسـیدی کلسیم، اکسـید آلومینیم، مقادیر اندکی از اکسـید منیزیم، اکسـید سیلیسـیم و دیگر ترکیبات اسـت. هر چه مقدار CaF_۲ در ترکیب سرباره بیشتر باشد، پتانسـیل پالایش و بهسازی فولاد توسط آن بیشـتر می‌شود. سرباره‌های معمول عموما شامل ۳۰ تا ۵۰ درصد CaF_2 هستند که این مقدار بر قابلیت پالایش توسط سرباره اثرگذار است[۷].

از جمله مواردیکه باید در ESR به آن توجه داشـت احتمال ایجاد ترک در طول الکترود در شـرایطی است که سـختی الکترود بالا باشد. بنابراین قبل از ESR باید یک مرحله آنیل بر روی آن انجام شود تا سختی به مقدار ۲٦۰ تا ۲۸۰ برینل برسد[۷].

در شـکل ۲ مقـدار تمیـزی یـک فـولاد H13 بر اسـاس اسـتاندارد ASTM E45 Method D را کـه تحت فرآیندهای مختلف متالورژی ثانویه قرار گرفته‌اند، نشان داده شده است[۷].



▲ شکل ۲ - ابعاد آخال‌ها و تعداد آن‌ها برای آخال‌های بزرگتر از ۲،۵ میکرومتر در فولاد ESR شده و ESR نشده در فولادی حاوی ۳ درصد کروم-مولیبدن-وانادیم [۶].

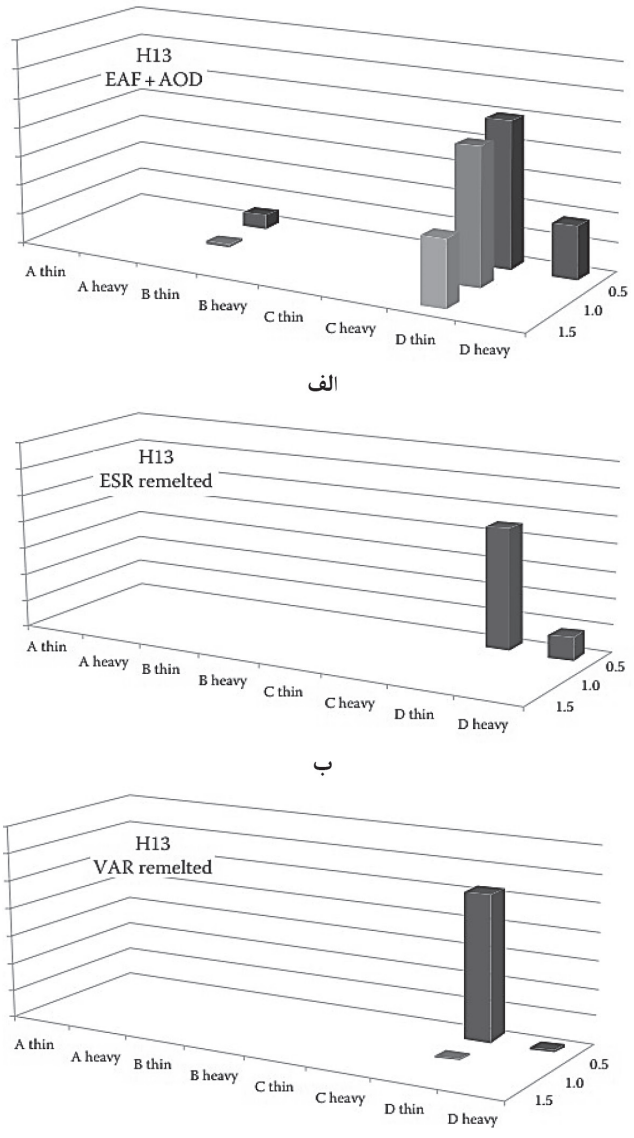
در شـکل ۳ -الف تمیزی فولاد ابـزار H13 پس از EAF و AOD که از فرایندهای اولیه پالایش و بهسـازی کیفیت فولاد هستند نشان داده شده است. در این شکل مقدار Severity level این فولاد در آخال‌های تایپ D در سـری Thin برابر ۰/۵ و ۱/۰ و ۱/۵ اسـت و همانطور که شکل نشان می‌دهد تعـداد این آخال‌ها نیز زیاد اسـت و در سـری heavy برابر ۰/۵ اسـت، اما تعداد آن بـه مراتب کمتر از تعداد آنها در سـری Thin با همین Severity level اسـت و در تایپ B نیز عمدتا برابر ۰/۵ و ۱/۰ است. این اعداد، اعداد بزرگی هستند که به شدت می‌توانند عمر مفید قالب ساخته شده را کاهش دهند.

در شکل ۳ -ب فرآیند ESR بر روی فولاد انجام شده که عیوب را به نوع D و Severity level را به ۰/۵ محدود کرده‌است.

در شـکل ۳ -ج VAR که از فرایندهای ذوب مجدد است بر روی فولاد ابزار H13 انجام شده است. در این شکل مقدار Severity level این فولاد در آخال‌های تایپ D در سـری Thin عمدتا برابر ۰/۵ و ۱/۰ است و نیز با وزن کمتری در سـری heavy برابر ۰/۵ است. مقایسه شکل۳-ج با شکل ۳-ب نشان می‌دهد که تاثیر فرایند ESR در پالایش فولاد از نظر آخال‌های غیرفلزی که آن هم از فرایندهای ذوب مجدد اسـت، بیشتر از فرایند VAR اسـت زیرا پـس از ESR تنها مقادیر اندکی از آخال‌های تایپ D در سـری Thin برابر ۰/۵ موجود و به مقدار کمی در سری heavy برابر ۰/۵ است.

نوع گاز محافظ

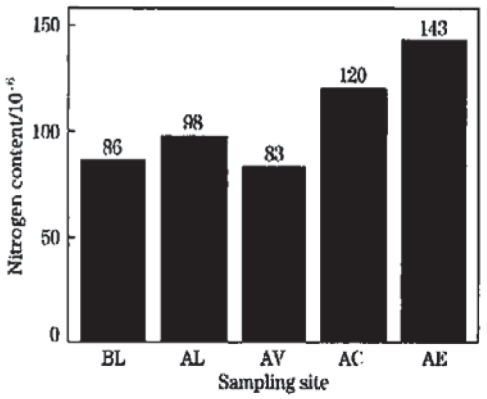
انتخـاب نوع گاز محافـظ در فرآیند ESR، به مقـدار نیتروژن مجاز در محصـول نهایی که از فرایند ESR به دسـت می‌آید، وابسـته اسـت؛ اگر



▲ شکل ۳ -میزان تمیزی فولاد H13 در روش‌های مختلف تولید این فولاد الف-تولید فولاد H13 با روش EAF+AOD و سپس انجام ریخته گری و فورج ب-مشابه الف با این تفاوت که بر فولاد H13 بعد از ریخته گری و قبل از فرایند فورج ESR انجام شده است ج-مشابه الف با این تفاوت که بعد از ریخته گری و قبل فورج VAR انجام شده است[۷].

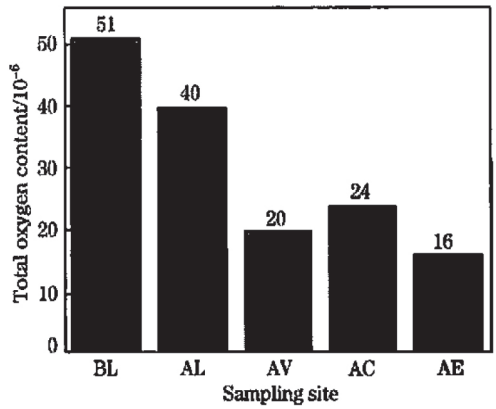
مقدار مجاز نیتروژن در محصول نهایی ناچیز باشد، بایستی به ناچار از گاز محافـظ ۱۰۰ درصد آرگون بدون اختلاط با گاز دیگری اسـتفاده کرد[۷]. مرحله‌ی ESR در حذف و یا کاهش NMI (ناخالصی های غیر فلز) بسـیار موثر اسـت. اما همانطور که شـکل ٤ نشـان می‌دهد این مرحله می‌تواند باعث افزایش انحلال نیتروژن در مذاب شود که علت آن یونیزه شدن هوا، حین اجرای این فرایند است.

با توجه به اینکه نیتروژن می‌تواند باعث ایجاد شود، حضورش مطلوب نیسـت. بنابراین بهتر اسـت که فرایند ESR در اتمسـفر گاز آرگون انجام بگیـرد. بنابراین نحوه‌ی اجرای ESR نیز بر کیفیت محصول نهایی اثرگذار خواهد بود و صرف اینکه ESR انجام شـده است، دلیل کافی برای تمیزی



BL: Before LF refining; AL: After LF refining
AV: After VD refining; AC: After Casting; AE: After ESR

▲ شکل۴- مقدار نیتروژن در فولاد ۱,۲۳۴۴ پس از اجرای هر یک از مراحل فراوری[۸].

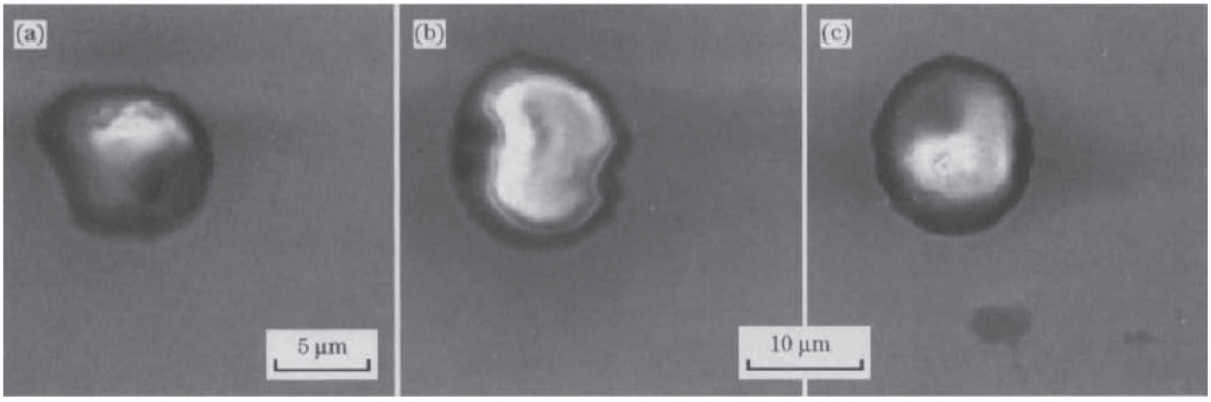


BL: Before LF refining; AL: After LF refining
AV: After VD refining; AC: After Casting; AE: After ESR

▲ شکل۵ - مقدار اکسیژن در فولاد ۱,۲۳۴۴ پس از اجرای هر یک از مراحل فراوری[۸].

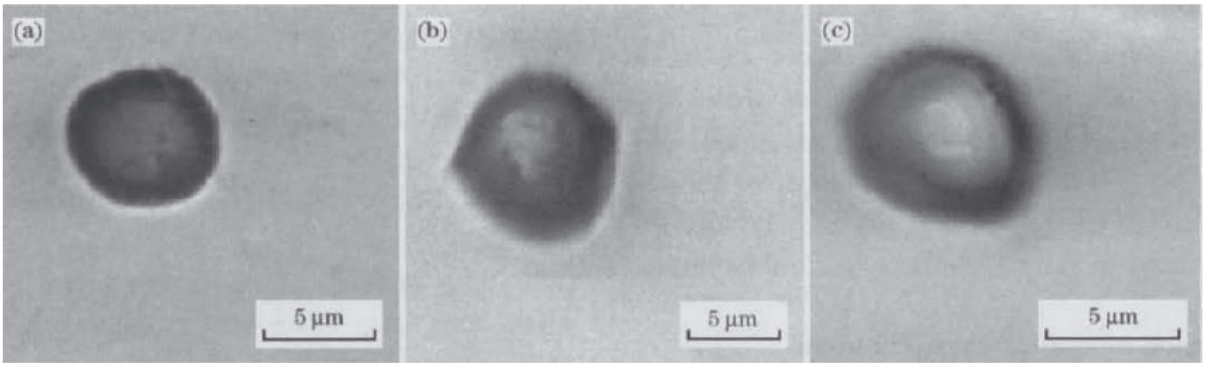
صددرصـدی فولاد نخواهد بود، بلکه روش انجام و نحوه کنترل متغیّرهای فرایند هم بر کیفیت نهایی فولاد بسـیار موثر اسـت.[۸]. شـکل۵ نشـان می‌دهـد که فرایند LF در بیـن فرایندهای متالورژی ثانویـه، اثر زیادی بر کاهش اکسـیژن نداشـته اسـت به طوری که پـس از اجـرای آن، مقدار اکسیژن به 40×10^{-6} رسیده که همچنان عدد بالایی است. علت این مساله ناکارامدی خود فرایند LF نیسـت، بلکه اجرای نامناسب آن بوده است. به عنوان مثال در این مورد خاص خاصیت بازی ضعیف سـرباره و عدم وجود اغتشـاش در مذاب و یا اغتشاش ضعیف آن حین فرایند، باعث ناکارامدی ایـن مرحله در فرایند تصفیه و پالایش شـده اسـت. در طـول اجرای VD شدت بازی سرباره و شدت اغتشاش مذاب افزایش یافته و به همین دلیل مقدار اکسـیژن به طور قابل ملاحظه‌ای کاهش یافته و نهایتا پس از ESR مقدار متوسط اکسیژن به عدد بسیار مناسبی رسیده است[۸].

قبـل از انجـام فراینـد ESR فرایندهـای دیگری با هدف پاکسـازی و بهسـازی فولاد انجام می‌شـود که در نهایت محصول تولید شـده توسط



(a)$MgO-Al_2O_3$ inclusion (b)$CaO-MgO-Al_2O_3$ inclusion (c)$CaO-SiO_2-Al_2O_3$ inclusion

▲ شکل۶- مورفولوژی و ابعاد آخال‌ها پس از اجرای فرایند LF به عنوان عملیات متالورژی ثانویه در فولاد۱,۲۳۴۴[۸].



(a) $CaO-Al_2O_3-SiO_2$ inclusion (b) $CaO-Al_2O_3-SiO_2$ inclusion (c) $CaO-Al_2O_3-SiO_2$ inclusion

▲ شکل ۷ - مورفولوژی و ابعاد آخال‌ها پس از اجرای فرایند VD به عنوان عملیات متالورژی ثانویه در فولاد۱,۲۳۴۴[۸].

فرایند ESRبه بالاترین کیفیت خود می‌رسد.

مورفولوژی، ابعاد، کسر حجمی و توزیع آخال‌ها در هر مرحله از عملیات پاکسازی فولاد می‌تواند دستخوش تغییر قرار گیرد. به عنوان مثال پس از اجرای LF آخال‌های از جنس Al_2O_3 با ابعاد ۳-۱۰ میکرومتر به آخال‌هایی با ابعاد ۳-۱۲ میکرومتر و جنس $CaO+MgO+Al_2O_3$ و $CaO+Al_2O_3+SiO_2$ تغییر می‌کنند. مقدار CaO و SiO_2 در این ترکیبات بالاست و مورفولوژی آنها عموما تقریبا کروی است که در شکل ٦ به خوبی نشان داده شده است[۸].

ابعاد و مورفولوژی آخال‌ها پس از اجرای فرایند VD که از جمله فرایندهای متالورژی ثانویه محسوب می شود، دوباره دستخوش تغییر قرار می‌گیردو به آخال‌های $CaO+Al_2O_3+SiO_2$ با ابعادی کوچکتر و با کرویت بیشتر تبدیل می‌شوند. کوچک شدن آخال‌ها و نیز کرویت بیشتر آن‌ها از شدِت تمرکز تنشی که توسِط آن‌ها به فولاد تحمیل می‌شود، می‌کاهد. با انجام VD آخال‌های درشت از مذاب فولاد حذف می‌شوند. آخال‌ها پس از اجرای این فرایند در شکل ۷ نشان داده شده‌اند[۸].

پس از مرحله VD، شمش‌ریزی انجام می‌شود. آخال‌هایی که پس از شمش‌ریزی[3] دیده می‌شوند به چهار گروه تقسیم می‌شوند که در شکل ۸ نشان داده شده است. چهار گروه آخال‌عبارتند از:

۱- آخال‌های تقریبا کروی $CaO+Al_2O_3+SiO_2$ و آخال‌های بی‌شکل[4] $MgO+Al_2O_3$ که مقدار بالاتری از Al_2O_3 و مقدار کمتری از CaO را به نسبت مقادیر آن‌ها در آخال‌های قبل از ریخته‌گری دارا هستند؛

۲- آخال‌های گوشه‌دار TiN+VN با ابعاد ۵-۱۰ میکرومتر

۳- آخال‌های کشیده و باریک VC در امتداد مرزهای دانه با ابعادی در بازه‌ی ۲۰-۴۰۰ میکرومتر

٤- آخال‌هایی با ابعاد کوچک با ترکیب CaS+MnS.

گروه ۱ از این آخال‌ها، آخال‌هایی هستند که محصول اکسیداسیون حین شمش‌ریزی هستند و گروه دوم و سوم این آخال‌ها در طول انجماد فولاد۱٫۲۳٤٤ جوانه زده و رشد کرده‌اند. آخال‌های درشت و کشیده‌ی MoC+VC+CrC به شدِت باعث افت چقرمگی فولاد۱٫۲۳٤٤ می‌شوند. این آخال‌ها بایستی در مرحله ESR کنترل شوند[۸].

سپس از اجرای فرآیند ESR، انجام می‌شود. در این مرحله، آخال‌های فولاد۱٫۲۳٤٤ به چهار گروه تقسیم می‌شوند که عبارتند از :

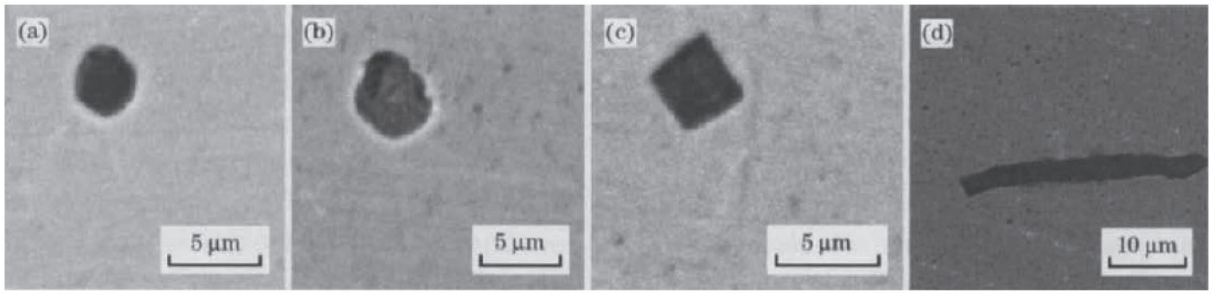
۱- $MgO+Al_2O_3+CaS$ با ابعاد ۲-۵ میکرومتر

۲- CaS + MnS با ابعاد ۲-۱۰ میکرومتر

۳-آخال‌های گوشه دار TiN + VN با ابعاد ۵-۱۰ میکرومتر

3. Casting ingot

4. Irregular



(a) $MgO-Al_2O_3-CaS$ inclusion (b)CaS-MnS inclusion (c)TiN-VN inclusion (d) VC inclusion

▲ شکل۹- مورفولوژی و ابعاد آخال‌ها پس از ESR در فولاد۱،۲۳۴۴[۸].

٤-آخال‌های با مقادیر اندک VC با ابعاد ۱۰-۱۰۰ میکرومتر

موروفولوژی این آخال‌ها و ابعاد آن‌ها در شکل ۹ نشان داده شده است[۸].

آخال‌های باقی‌مانده پس از ESR عمدتا از جنس $MgO+Al_2O_3+CaS$ هستند و اثری از آخال‌های $CaO+Al_2O_3+SiO_2$ پس از اجرای این مرحله از پاکسازی وجود ندارد. این نشان می‌دهد که آخال‌های $CaO + Al_2O_3+SiO_2$ که پس شمش‌ریزی در ریزساختار دیده شده‌اند، توسط فرایند ESR حذف شده‌اند در حالیکه در نتیجه واکنش بین عناصر Mg-O-Al-S حین انجام فرایند ESR فولاد۱،۲۳٤٤ آخال‌های $MgO + Al_2O_3 + CaS$ تشکیل شده‌اند و آخال‌های VC+ CrC +MoC که در امتداد مرز دانه ظهور پیدا کرده بودند، بسیار ریز شده‌اند و تعداد آنها نیز کاهش یافته است و این مساله بیانگر آن است که فرایند ESR بر کنترل این آخال‌ها بسیار اثرگذار بوده است[۸].

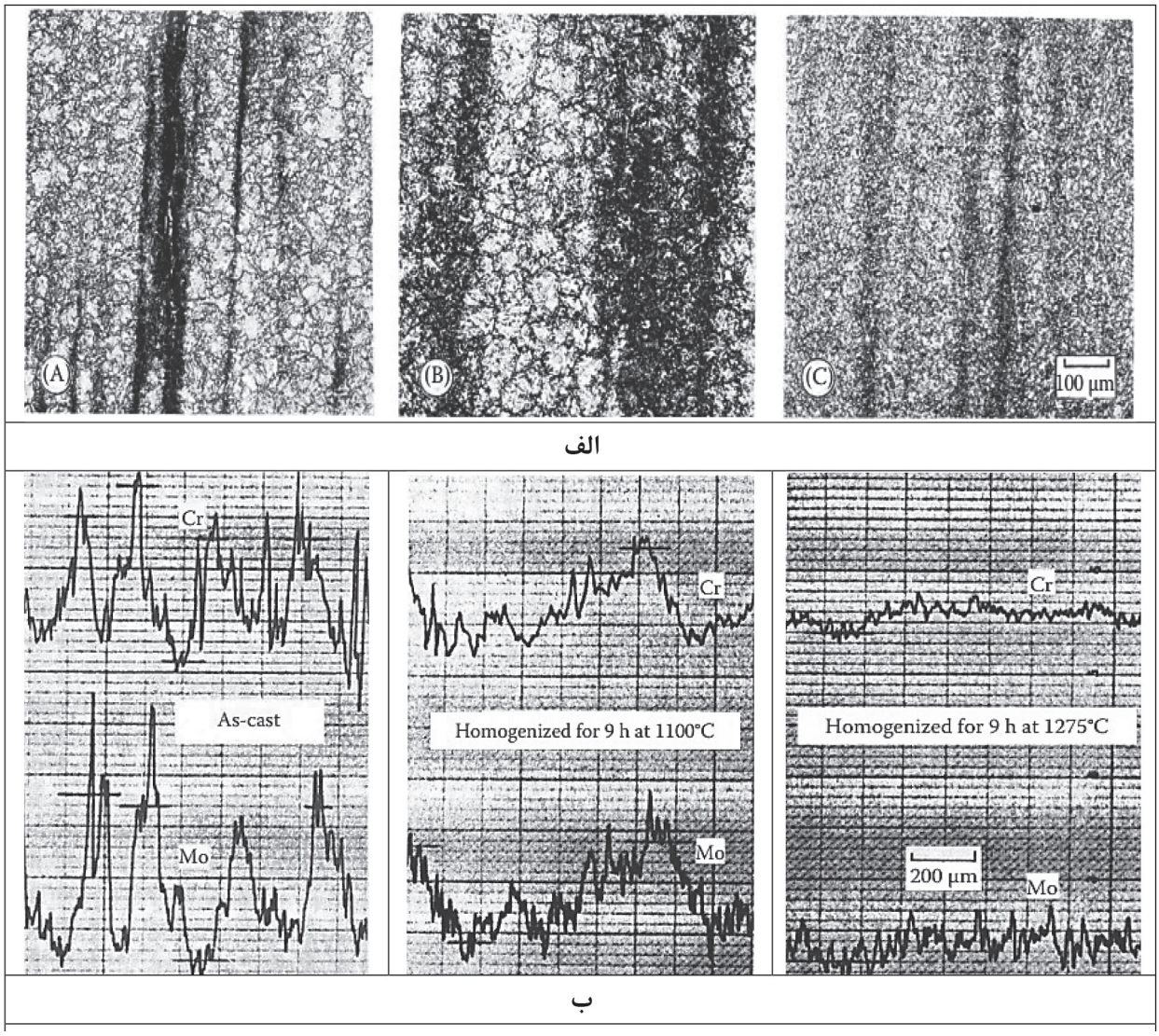
آخال‌های اکسیدی فولاد۱،۲۳٤٤ پس از استفاده از سیم آلومینیمی به عنوان ماده Deoxidizer در مذاب، عمدتا Al_2O_3 است. این سیم به منظور کاهش مقدار اکسیژن مذاب استفاده می‌شود. اما در فرایند LF آخال‌های درون فولاد به آخال‌های پیچیده $MgO + Al_2O_3+CaO$ و $CaO + Al_2O_3+SiO_2$ تغییر می‌کنند. پس از اجرای VD آخال‌ها مجددا تغییر می‌یابند، به طوری که مقدار CaO در ترکیب آن‌ها به شدت افزایش می‌یابد. علت اینکه VD انجام می‌شود آن است که شدت بازی سرباره آن به نسبت بالا و شدت اغتشاش مذاب نیز شدیدتر از فرایند LF است که باعث واکنش کامل بین سرباره و مذاب فولاد در شرایط تعادلی می‌شود. لذا ترکیب آخال‌ها مشابه سرباره می‌شود و مقدار CaO آن‌ها افزایش می‌یابد. حین اجرای عملیات ESR، آخال‌های $CaO + Al_2O_3+SiO_2$ توسط سرباره جذب می‌شود اما حین سرد شدن مذاب در طول انجماد به علت واکنش بین Ca، Mg، Al، O و S آخال $MgO + Al_2O_3+CaS$ در ابعاد کوچکی تشکیل می‌شود. تشکیل یا عدم تشکیل این آخال تازه، به مقدار اکسیژن مذاب وابسته است، بنابراین ماده‌ی اولیه که تحت فرایند ESR قرار می‌گیرد نیز بایستی کیفیتی مناسب داشته باشد چراکه هر چه مقدار اکسیژن ماده‌ی اولیه بیشتر باشد مقدار آخال تازه‌ی $MgO + Al_2O_3+CaS$ نیز در این مرحله، افزایش خواهد یافت[۸].

لازم به ذکر است که پژوهش‌ها بیانگر آن هستند که Al_2O_3 و $MgO.Al_2O_3$ باعث تشویق ایجاد کاربیدهای اولیه و نیز محل جوانه‌زنی ترجیحی این کاربیدها هستند؛ این ترکیبات نقطه ذوب بالایی دارند، لذا به منظور کاهش نقطه‌ی ذوب آنها حذفشان از عملیات کلسیم‌دهی[5] پس از استفاده از آلومینیم به عنوان Deoxidizer استفاده می‌شود این عملیات قبل از انجام ESR صورت می‌گیرد؛ به طوریکه آخال با نقطه ذوب بالا به مذابی از $CaO.Al_2O_3$ و یا حالت نیمه جامدی از $MgO.CaO.Al_2O_3$ تبدیل می‌شود که در این شرایط این آخال‌ها به عنوان محل ترجیحی جوانه‌زنی کاربیدها عمل نمی‌کنند. بنابراین ارتباطی بین کاربیدهای اولیه و آخال‌ها در فولاد H13 وجود دارد. به طوریکه برخی از آخال‌ها می‌توانند به عنوان محل ترجیحی جوانه‌زنی کابیدهای اولیه عمل کنند[۹].

با توجه به اینکه دانه‌های دندریتی در قسمت‌های پایینی شمش ظریف‌تر از قسمت‌های بالایی و در قسمت‌های بیرونی ظریف‌تر از قسمت‌های مرکزی هستند با به دام افتادن عناصر آلیاژی در نواحی بین دندریتی امکان تشکیل این کاربیدها فراهم می‌شود. بنابراین سایز و کسر حجمی این دو مدل کاربید اولیه از مرکز به طرف سطح محصول ESR کاهش می‌یابد. همچنین وجود آخال Al_2O_3 تشکیل کاربید اولیه وانادیم و وجود MnS تشکیل کاربید اولیه مولیبدن را تشویق می‌کند و به عنوان هسته‌ی این آخال‌ها عمل می‌کند. بنابراین خواص در نقاط مختلف محصول ESR نیز می‌تواند متفاوت باشد[۹].

حین اجرای عملیات ESR، آخال‌های $CaO + Al_2O_3+SiO_2$ توسط سرباره جذب می‌شوند اما حین سرد شدن مذاب در طول انجماد به علت واکنش بین Ca، Mg، Al، O و S آخال $MgO + Al_2O_3+CaS$ در ابعاد کوچکی تشکیل می‌شود. تشکیل یا عدم تشکیل این آخال تازه، به مقدار اکسیژن مذاب وابسته است.

5. Calcium Treatment



▲ شکل ۱۰-نمونه‌هایی از جدایش در فولاد ابزار گرم کار [۷].

الف-تاثیر نوع شمش بر جدایش در میله نوردی ۷۵ میلیمتری فولاد H10 یا فولاد ابزار گرم کار DIN 1.2365؛

A-شمش ۱ تن، شمش حاصل از ریخته گری معمولی حاصل از EAF ، B- شمش نیم تن، شمش حاصل از ریخته گری معمولی حاصل از EAF، C- شمش گرد ۳۷۰ میلیمتر ESR شده.

ب-جدایش و تغییر در مقدار عنصر آلیاژی فولاد H13 در قسمت مرکزی شمش ESR به قطر ۶۰۰ میلیمتر که برای زمان‌های مختلف تحت فرایند همگن سازی قرار گرفته است.

بنابراین فولاد اولیه‌ای که تحت فرایند ESR قرار می‌گیرد نیز بایستی کیفیتی مناسب داشته باشد چراکه هر چه مقدار اکسیژن ماده‌ی اولیه بیشتر باشد مقدار آخال تازه‌ی $MgO + Al_2O_3 + CaS$ نیز افزایش خواهد یافت.

جدایش

بعد از انجماد، تمایل شدیدی برای جدایش در فولادهای ابزار وجود دارد که این جدایش به دو صورت میکروسکپی و ماکروسکپیدر ریزساختار مشاهده میشود که در شماره قبل به تفصل در مورد آن توضیح داده شد. و این مساله باعث توزیع ناهمگن کربن و دیگر عناصر آلیاژی می‌شود.

باید دو نکته را به منظور کاهش جدایش در نظر گرفت؛

۱-پارامترهای انجماد مثل فوق گداز، سایز و هندسه شمش که در شکل ۱۰- الف نمونه‌ای از تاثیرات متغیرهای فرایند بر کیفیت شمش نهایی از نظر جدایش نشان داده شده است.

۲-شرایط گرم کردن مجدد قبل فورج یا نورد. گرم کردن در زمان‌های طولانی در دمای بسیار بالا که در آن اجازه‌ی نفوذ عناصر آلیاژی درون فضای بین دندریتی فراهم شده و منجر به افزایش همگنی ترکیب در ریز ساختار نهایی می‌شود. به این عملیات همگن سازی گفته می‌شود.

جدایش میکروسکپی

در شکل ۱۰-ب نمونه‌ای از تصاویر ریزساختار آنیل نامناسب که مورد تایید NADCA نیست، نشان داده شده است. در این ریزساختار تجمع ناهمگن کاربیدها- در نتیجه‌ی سیکل آنیل- و توزیع ناهمگن عناصر آلیاژی -در نتیجه‌ی جدایش-، مشاهده میشود. با توجه به آنکه عموما معیار آنیل بودن قطعه مقدار سختی بسیار پایین آنست این مثال نشان می‌دهد که معیار ریزساختار نیز به اندازه‌ی معیار سختی حائز اهمیت است. این مثال نشان می‌دهد که ریزساختار آنیل می‌تواند تحت تاثیر سیکل آنیل و جدایش که ماحصل تاریخچه‌ی قبلی فولاد است، قرار بگیرد[۷].

ریزساختار مناسب پس از آنیل فولاد به شدت بر ایجاد ریزساختار مناسب پس از انجام عملیات حرارتی سختکاری موثر است و این ریزساختار مطلوب می‌تواند از فرایند درست و مناسب انجماد و شکلدهی و همگن سازی، حاصل شود[۷].

دو روش اصلی برای حذف جدایش میکروسکپی استفاده میشود:

۱ - انجام فرآیند ESR

۲ - انجام آنیل همگن سازی پیش از انجام کار گرم

اثر ESR بر حذف جدایش میکروسکپی

در شکل ۱۱ حذف بندهای جدایش توسط ESR در فولاد ابزار گرم کار نشان داده شده است. در این شکل هر دو ریزساختار مارتنزیت تمپر شده هستند. تفاوت در ریزساختار به وضوح مشخص است. حذف انواع جدایش باعث ایجاد همسانگردی در خواص مکانیکی می‌شود و در صورت بی توجهی به این عیب ریزساختاری، اختلاف خواص مکانیکی در جهات مختلف، عمر مفید قالب‌ها را به شدت کاهش داده و در این شرایط ایجاد ترک‌های زودرس را تبدیل به پدیده‌ای گریزناپذیر خواهد کرد[٦].

عملیات ESR منجر به کاهش مقدار و یا حتی حذف کامل انواع جدایش می‌شود که به دلیل امکان کنترل زمان انجماد در این فرآیند و کاهش فاصله‌ی بین بازوهای بین دندریتی و در نتیجه کاهش جدایش میکروسکپی رخ می‌دهد. افزایش مقدار گرادیان دمایی (سرعت انجماد) باعث کاهش فاصله‌ی بین دندریتی و توزیع همگن‌تر عناصر آلیاژی می‌شود. در حقیقت چون در این فرایند، سرعت انجماد بیشتر از فرایند ریخته‌گری معمول است، در نتیجه بازوهای ثانویه‌ی دندریتی باریک‌تر از ریخته‌گری معمول خواهد بود و جدایش میکروسکپی کاهش خواهد یافت[٦].

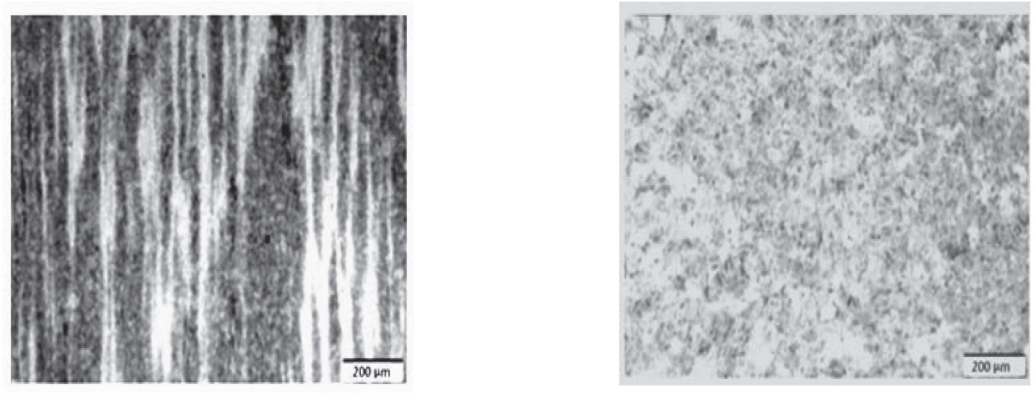
آنیل همگن سازی (انحلالی)

علیرغم آنکه در فرایند ESR سرعت و جهت انجماد کنترل می‌شود و در پی آن امکان حذف انواع جدایش وجود دارد، در بعضی مراجع انجام ESR در حذف این باندهای جدایش را کافی ندانسته و رفع جدایش را ملزم به انجام عملیات همگن‌سازی قبل از کارگرم مکانیکی مثلا فورجینگ شمش دانسته‌اند که با انجام آن ریزساختار فولاد همگن شده و این ناهمسانگردی به حداقل می‌رسد[۱۰].

بر اساس تصاویر منتشر شده از سوی NADCA # 207-2003 در مورد فولاد H13 ریزساختار حاوی باندهای جدایش مورد تایید نبوده و می‌تواند باعث افت خواص مکانیکی فولاد و در نتیجه کاهش عمر قالب دایکست شود. در نظر داشته باشید که به طور کل قبل از عملیات فورجینگ و هر کار مکانیکی دیگری که بر روی فولاد انجام می‌شود نیاز به یک مرحله همگن‌سازی دما بالا وجود دارد و در صورت کامل انجام نشدن آن احتمال مشاهده‌ی باندهای جدایش همچنان وجود خواهد داشت[۱۱و۱۲]. عملیات همگن‌سازی با هدف انحلال عناصر آلیاژی در ناحیه‌ی آستنیت صورت می‌گیرد. این عملیات باعث توزیع عناصر آلیاژی به صورت هموژن می‌شود چراکه امکان نفوذ را فراهم می‌سازد. مقدار همگنی ایجاد شده پس از عملیات همگن‌سازی به دمای همگن سازی، زمان همگن سازی، فاصله‌ی بین بازوهای دندریتی، ضریب نفوذ عناصر آلیاژی و مقدار جدایش رخ داده در انجماد بستگی دارد[۱۳]. همانطور که گفته شد انجام ESR با تاثیر بر سرعت انجماد می‌تواند باعث کاهش فاصله‌ی بازوهای دندریتی شود از همین روی منجر به تاثیر بیشتر عملیات همگن سازی بر حذف جدایش خواهد شد.

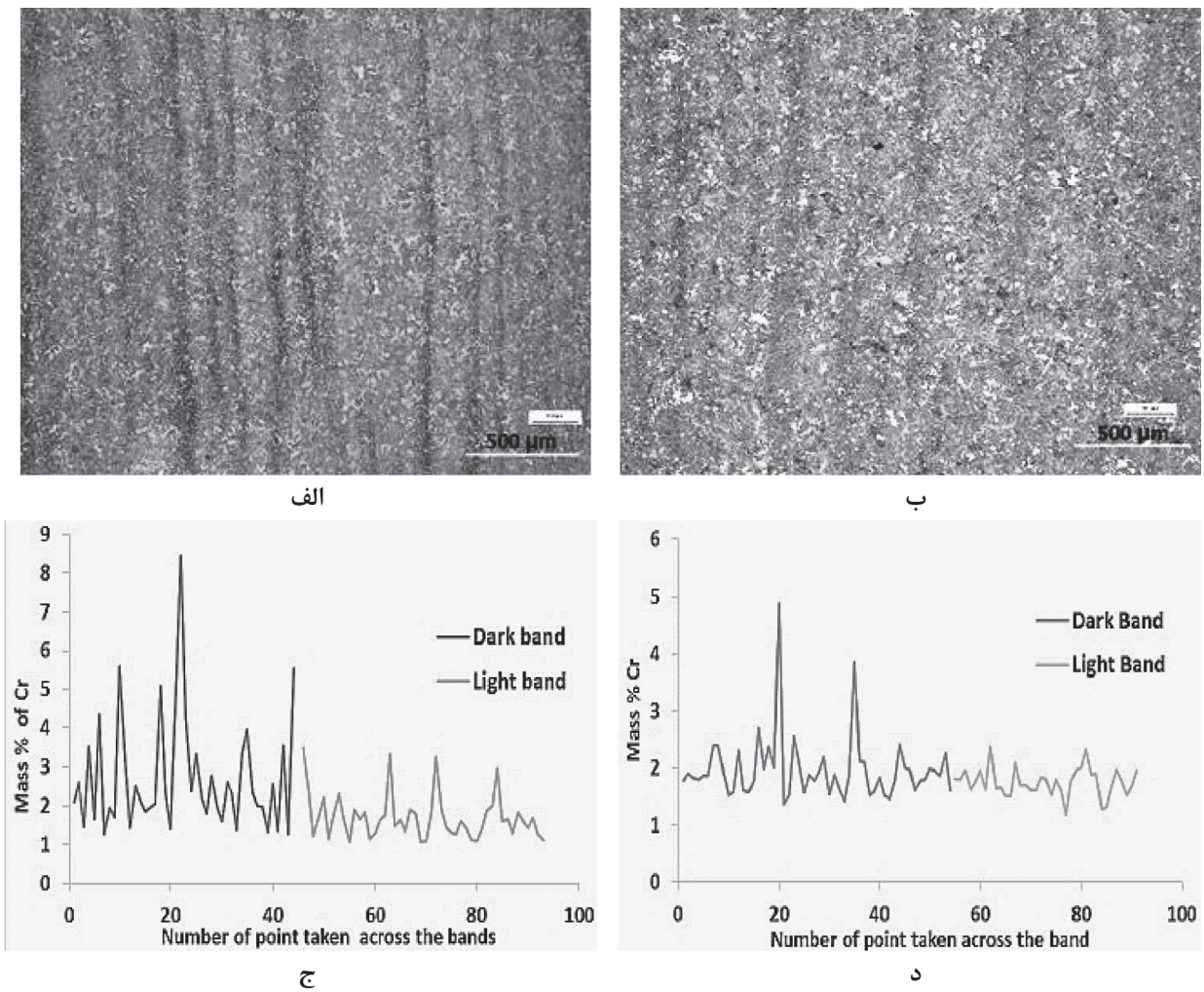
در پژوهش انجام شده توسط فرید اشرف خان[۱۳]، به بررسی تاثیر زمان عملیات همگن سازی قبل کار گرم بر باندهای جدایش پرداخته شده است. باندهای جدایش پس از انجام کار گرم مکانیکی در جهت کار گرم مکانیکی در یک امتداد، ردیف می‌شوند. هر چه قدر که زمان همگن‌سازی قبل از فرایند کار گرم بیشتر باشد شدت این باندها کمتر خواهد بود و هرچه قدر زمان همگن‌سازی کمتر باشد شدت باندها بیشتر بوده و با وضوح بیشتری قابل تشخیص هستند.

در شکل ۱۲ دو نمونه از این باندها نشان داده شده است که بر روی نمونه‌ی شکل ۱۲- الف، ٤ ساعت و بر روی نمونه‌ی شکل ۱۲-ب، ۲۰ ساعت عملیات همگن سازی انجام شده است. همانطور که مشخص است در نمونه‌ای که زمان کمتری همگن سازی شده‌است باندهای شدیدتر با تمرکز بالاتر عناصر آلیاژی و با عرض کمتری ایجاد شده است و مقدار کاربید اولیه بالاتری هم دارد. اما در نمونه‌ای که زمان طولانی‌تری همگن‌سازی شده‌است، باندهای عریض‌تر و با شدت تمرکز کمتر عناصر مشاهده میشود و در این نمونه فاصله‌ی بین باندها از یکدیگر نیز بیشتر شده است. هر چه مقدار جدایش میکروسکوپی در فولاد بیشتر باشد احتمال تشکیل باندها بیشتر می‌شود. در شکل ۱۲-ج و ۱۲-د آنالیز خطی عنصری گرفته شده از این نواحی، نشان داده شده است که بیانگر توزیع همگن‌تر عناصر بین نواحی فقیر و غنی از آن‌ها در نمونه‌ی با زمان همگن‌سازی بیشتر است[۱۳]. در جدول ۱ نیز اختلاف مقدار



ب الف

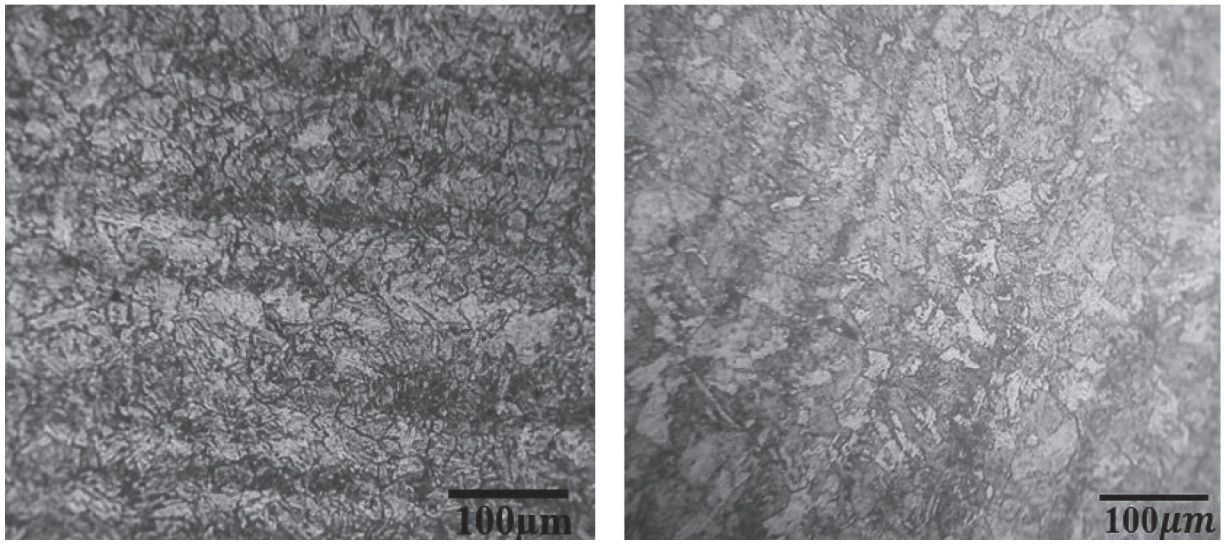
▲ شکل ۱۱- الف- جدایش تشکیل باندهای جدایش قبل ESR ب- حذف جدایش بعد از ESR [۶].



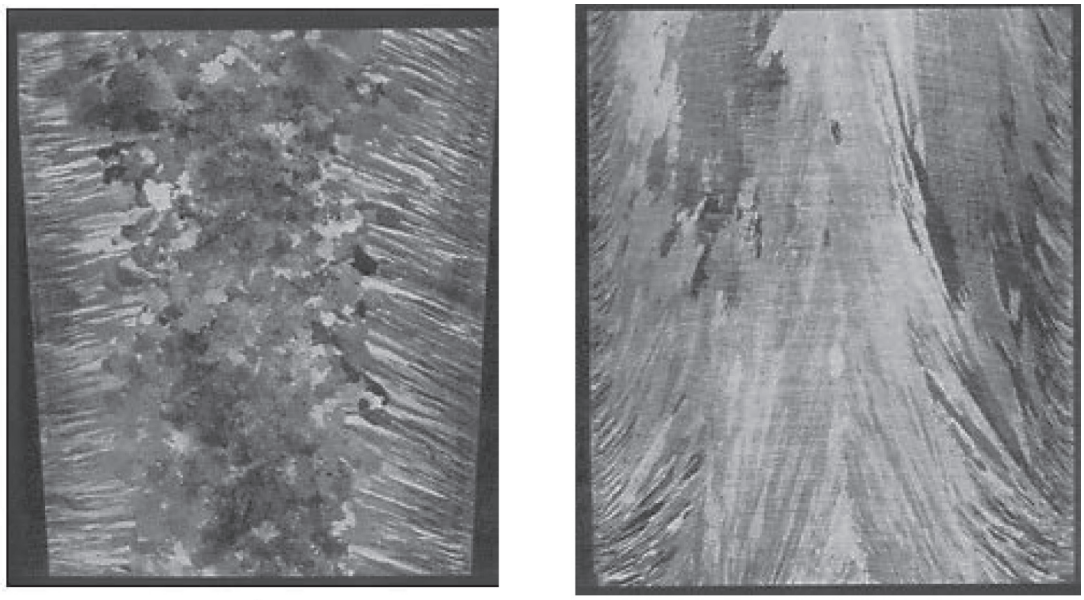
ب الف

د ج

▲ شکل ۱۲- الف- بندهای جدایش شدید و باریک پس از ۴ ساعت عملیات همگن سازی قبل کار گرم ب-بندهای جدایش با شدت کمتر و عریض تر پس از ۲۰ ساعت عملیات همگن سازی قبل کار گرم ج-لاین اسکن عنصری از نقاط تیره و روشن تصویر الف د- لاین اسکن عنصری از نقاط تیرو و روشن تصویر ب[۱۳].



▲ شکل۱۳ -نمونه‌ای از نواری شدن در فولاد VCN۱۵۰ که در آزمایشگاه عملیات حرارتی مبتکران مورد بررسی قرار گرفت.



الف ب

▲ شکل ۱۴ -الف-ساختار شمش پس از انجماد ب-ساختار شمش پس از ESR [۷].

کروم در نواحی تیره و روشـن نشان داده شده است. همانطور که مشخص اسـت مقدار اختلاف کروم در نواحی تیره و روشـن که بیانگر نقاط غنی از عناصر و نقاط فقیر از آن‌هاسـت در نمونه‌ی با زمان عملیات همگن سازی طولانی‌تر، کمتر شده است[۱۳].

وجود شـیب غلظتی عناصر آلیاژی در باندها که در شـکل ۱۲ نشـان داده شده است، حتی کیفیت عملیات حرارتی سختکاری فولاد را نیز تحت تاثیر قرار داده و باعث غیر یکنواخت شـدن ریزساختار پس از سختکاری و غیر یکنواخت شـدن خواص در نقاط مختلف می شـود که این موضوع به ویژه بر کاهش انرژی ضربه و شکست زودهنگام قطعه بسیار موثر است. در این شرایط حتی عملیات حرارتی تحت خلا نیز نمی‌تواند برای نجات قالب کاری کند چراکه عملیات سـختکاری طبق اسـتانداردها و بر اساس فولاد فاقد این عیوب تعیین شده‌است.

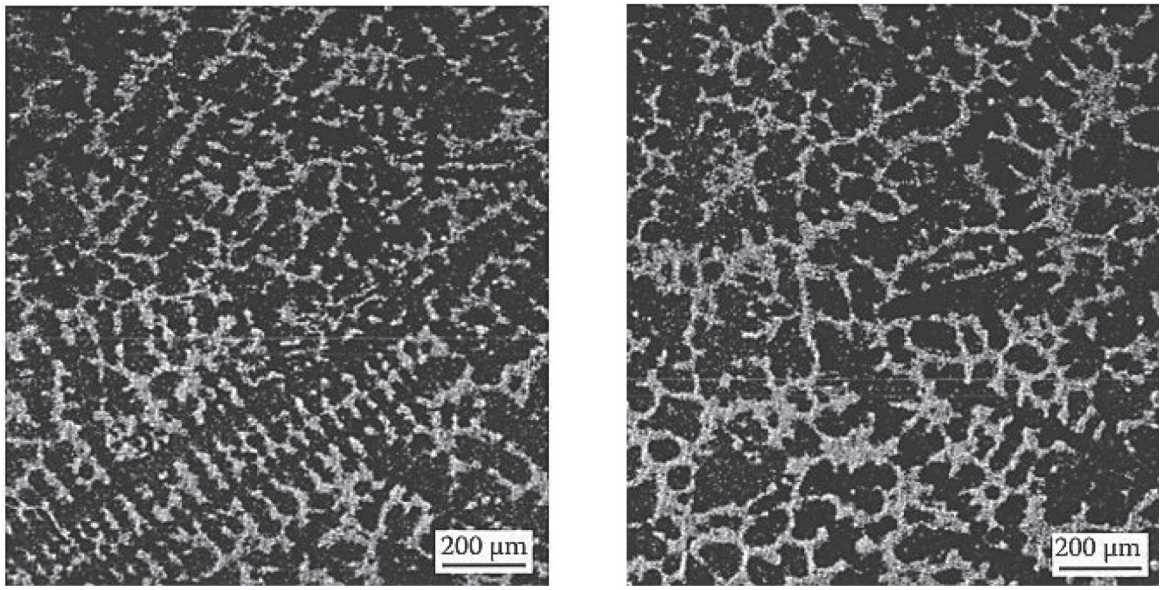
نمونـه‌ای از ایـن نوع نواری شـدن را در فـولاد متالوگرافی شـده در آزمایشگاه عملیات حرارتی مبتکران نیز می‌توان مشاهده کرد که در شکل ۱۳ نشان داده شده است.

جدایش ماکروسکپی

از دیگـر مزایای انجام ESR می‌توان به حذف جدایش ماکروسـکوپی نیز اشـاره کرد. در شـکل ۱۴ زیر تصویر سـاختار انجمادی شمش پس از انجمـاد (۱۴- الف) و نیـز تصویر آن پس از انجام ESR (۱۴- ب) نشـان

▼جدول ۱-آنالیز شیمیایی نواحی تیره و روشن در شکل[۱۳]

جدول ۱-آنالیز شیمیایی نواحی تیره و روشن در شکل[۱۳]		
مقدار کروم(درصد وزنی)	ناحیه ی آنالیز شده	مشخصات نمونه
۲.۲۳	ناحیه پر رنگ	نمونه همگن شده به مدت ۴ ساعت
۱.۴۸	ناحیه کم رنگ	
۱.۹۷	ناحیه پر رنگ	نمونه همگن شده به مدت ۲۰ ساعت
۱.۶۷	ناحیه کم رنگ	



الف ب

▲شکل ۱۵ -ساختار دندریتی فولاد ابزار گرم کار H۱۱ پس از ESR در نرخ های متفاوت ذوب مجدد الف-نرخh kg ۳۹۰ ب-نرخh kg ۵۴۰][۷].

داده شده است. همانطور که از شکل نیز مشخص است نمونه ESR شده دارای ساختار انجماد جهتدار از انتها به طرف بالا و از سطح به طرف مغز است در حالیکه در شمش تحت انجماد معمولی به علت تغییر تعادل حرارتی حین انجماد، ساختار ستونی به ساختار دانه‌های هم محور مرکزی می‌رسد[۷].

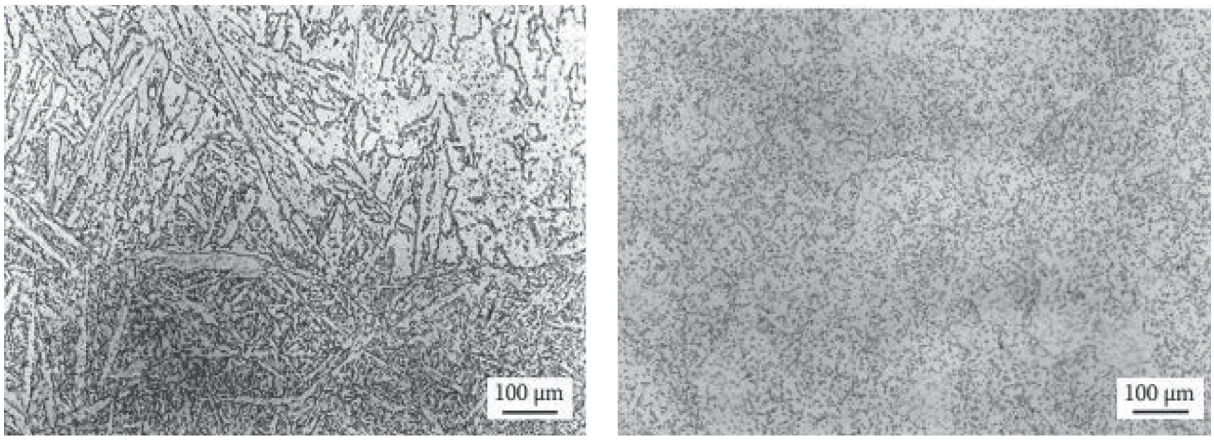
لازم به ذکر است که ساختار فولاد پس از ذوب مجدد ESR به نرخ ذوب، نرخ سرمایش، دمای سرباره و جهت انجماد وابسته است. به عنوان مثال هر چه حوضچه فلز مذاب باریک‌تر باشد کیفیت داخلی شمش بیشتر خواهد شد که این با کاهش نرخ ذوب میسر می‌شود. همانطور که در شکل ۱۵ نشان داده شده است، در یک فولاد H11 (۱٫۲۳۴۳) که تحت فرایند ESR قرار گرفته است، هرچه نرخ ذوب بیشتر باشد ساختار انجمادی ضخیم‌تر خواهد شد و باندهای جدایش قویتر خواهد بود که این موضوع بر روی کیفیت شمش نهایی و عملیات حرارتیهای پس از آن تاثیر مستقیم دارد. تفاوت ساختارهای دندریتی در شکل ۱۵ به خوبی نشان داده شده است.[۷].

در شکل ۱۶ نیز ساختار ظریف فولاد ESR شده در مقایسه با شمش ریخته گری معمولی نشان داده شده است[۷].

جمع‌بندی و نتیجه‌گیری

وقوع پدیده Heat Checking در قالب‌های گرمکار که شبکه‌ای از ریزترک‌های سطحی ناشی از خستگی حرارتی است، دلایل متعددی دارد که «طراحی»، «کیفیت فولاد»، «کیفیت عملیات حرارتی» و «نحوه‌ی استفاده‌ی اپراتور از قالب» از جمله‌ی آن‌هاست. «جوانه‌زنی» و «رشد ترک» که مکانیزم اصلی خستگی حرارتی در فولادها محسوب می‌شود، در نقاط تمرکز تنش روی می‌دهد.

آخال‌های غیرفلزی و به ویژه آخال‌های درشت و تیز یکی از مرسوم‌ترین نقاط تمرکز تنش هستند که استاندارد ASTM-E45 روشی قابل اطمینان برای تعیین میزان تمیزی فولاد است. آخال‌های غیرفلزی Heavy (ضخیم) یا حتی Oversized (با ضخامت بیش از اندازه زیاد) تاثیر بیشتری بر جوانه‌زنی ترک نسبت به آخال‌های Thin(ریز) یا حتی Undersized (بیش از اندازه ریز) کروی دارند و می‌توانند باعث تسهیل جوانه‌زنی ریزترک‌های ناشی از خستگی حرارتی شوند.



الف ب

▲ شکل ۱۶ -بررسی ریزساختار در حالت آنیل الف-ریزساختار شمش پس از ریخته گری معمولی در بزرگنمایی ۱۰۰ × که بر تصویر GB3 در سری تصاویر SEP1614 منطبق است. ب- ریزساختار شمش پس از ESR در بزرگنمایی ۱۰۰ × که بر تصویر GA1 در سری تصاویر SEP1614 منطبق است][۷].

اجـرای فراینـد ESR با حـذف و یا کاهـش مقدار و ابعـاد NMI ها (ناخالصیهـای غیـر فلزی) و از طـرف دیگر با افزایش میـزان کرویت این ناخالصی‌ها باعث کاهش نقاط تمرکز تنش و در نتیجه افزایش مقاومت در برابر خستگی حرارتی و در پی آن افزایش عمر مفید قالب می‌شود.

برای حـذف و یا کاهش باندهای جدایش نیز اسـتفاده از روش ESR بسـیار موثر است و انجام فرایند ESR با حذف و یا کاهش میزان جدایش و با کاهش احتمال جوانه زنی و رشـد تـرک در امتداد باندهای جدایش و با ایجاد خواص مکانیکی همگن در دو مقیاس میکروسکوپی و ماکروسکوپی در فـولاد، عمر مفید قالـب را افزایش می‌دهد. علاوه بر ESR بایسـتی از همگن سـازی فولاد قبل از کار گرم به منظور کاهـش این نوع از جدایش نیز استفاده نمود.

مراجع

[1] Bell, S., et al. Final Report on Refining Technologies of Steel. Technical Report. No. 2004-21 (CF), 2006.
[2] Ghosh, Ahindra. Secondary steelmaking: principles and applications. CRC Press, 2000.
[3] Botjan Arh, Bojan Podgornik, Jaka Burja, "ELECTROSLAG REMELTING: A PROCESS OVERVIEW", Materials and technology, pp. 971–979, 2016.
[4] Tridello, A., et al. "Different inclusion contents in H13 steel: Effects on VHCF response of Gaussian specimens." Key Engineering Materials. Vol. 665. Trans Tech Publications Ltd, 2016.
[5] Zerbst, Uwe, et al. "Defects as a root cause of fatigue failure of metallic components. II: Non-metallic inclusions." Engineering Failure Analysis 98 (2019): 228-239.
[6] Arh, Bostjan, Bojan Podgornik, and Jaka Burja. "Electroslag remelting: a process overview." Materials and technology 50 (2016): 971-979.
[7] Mesquita, Rafael A. Tool steels: Properties and performance. CRC press, 2016.
[8] Liu, Jian-hua, et al. "Inclusion variations of hot working die steel H13 in refining process." Journal of Iron and Steel Research, International 19.11 (2012): 1-7.
[9] Wang, Xijie, et al. "Investigation of Primary Carbides in a Commercial-Sized Electroslag Remelting Ingot of H13 Steel." Metals 9.12 (2019): 1247.
[10] Tang, W., et al. "Effect of Microstructural Homogeneity on Mechanical and Thermal Fatigue Behavior of a Hot-Work Tool Steel." Proceedings of the 6" I International Tooling Conferece (2002): 755-765.
[11] Ma, Dang-shen, et al. "Influence of thermal homogenization treatment on structure and impact toughness of H13 ESR steel." Journal of Iron and Steel Research International 16.5 (2009): 56-60.
[12] Ma, Dang-shen, et al. "Influence of thermal homogenization treatment on structure and impact toughness of H13 ESR steel." Journal of Iron and Steel Research International 16.5 (2009): 56-60.
[13] Khan, Fareed Ashraf. "The effect of soaking on segregation and primary-carbide dissolution in ingot-cast bearing steel." Metals 8.10 (2018): 800.

انجمن صنفی کارفرمایی ریخته گری تحت فشار ایران

شماره ثبت: ۴۱۸-۳/۲-۳۲

انجمن دایکست ایران

قابل توجه مدیران محترم شرکتهای فعال در صنعت
ریخته گری تحت فشار ایران

هیئت مدیره انجمن دایکست ایران به منظور اجرایی نمودن اهداف تشکلی خود در جهت ارتقاء توان و توسعه فناوری و حفظ و صیانت از حقوق دست اندرکاران صنعت دایکست ، اقدام به تعریف و تشکیل کمیته های تخصصی چهارگانه به شرح زیر در انجمن نموده است.
از آنجا که مشارکت فعالان این رشته ،ضمن استفاده از تجربیات و دانش تخصصی آنان می تواند توان علمی و اجرایی این تشکل را افزایش دهد :
بدینوسیله ضمن معرفی کمیته ها و اعلام سر فصل وظایف پیش بینی شده برای آنها، از آن مدیریت محترم درخواست می گردد با مطالعه و بررسی موارد عنوان شده در صورت تمایل به عضویت خود یا هر یک از نیروهای واحد تحت سرپرستی شان در این کمیته ها مراتب را کتبا به دفتر انجمن اعلام فرمایند تا اقدام بایسته معمول گردد.

کمیته های تخصصی انجمن عبارتند از:

۱-کمیته آموزش، استاندارد و ارزیابی
۲-کمیته حقوقی و قوانین
۳-کمیته فنی و عارضه یابی
۴-کمیته بهبود فضای کسب و کار

انجمن ریخته گری تحت فشار ایران

تهران- تهرانپارس- قنات کوثر- بلوار مطهری- کوچه هفتم مرکزی- پلاک ۱- طبقه ۳- واحد ۱۰
وب سایت : www.idca۲۰۱۱.com ایمیل : idca۲۰۱۱@gmail.com
تلفن : ۰۲۱-۷۷۰۴۷۰۸۴ تلفکس : ۰۲۱-۷۷۰۴۶۰۹۱

انجمن صنفی کارفرمایی ریخته گری تحت فشار ایران

شماره ثبت: ۴۱۸-۲/۳-۳۲

کمیته های تخصصی انجمن

۱-کمیته آموزش، استاندارد و ارزیابی

اهم وظایف:

-نیاز سنجی آموزش صنایع مرتبط با دایکست
-تدوین مفاد و برنامه ریزی دوره های آموزشی مورد نیاز صنعت دایکست (حضوری یا مجازی)
-بررسی و تطبیق استانداردهای رایج در صنعت دایکست و همکاری در اخذ گواهینامه ها و استانداردهای ملی و بین المللی مورد نیاز برای واحدهای عضو
-برنامه ریزی جهت رتبه بندی و ارتقاء کیفی واحدها
-تحقیق در روشهای نوین و پیشرفتهای صنعت دایکست
-برگزاری دوره های آشنایی با صنعت آلومینیوم در دانشگاههای کشور
-تعریف پایان نامه های کارشناسی،کارشناسی ارشد و دکترا از سوی واحدهای تولیدی مرتبط به دانشگاهها
-ایجاد امکان برای کارآموزی دانشجویان در واحدهای مرتبط

۲-کمیته حقوقی و قوانین

اهم وظایف:

-انجام بررسی های حقوقی و ارائه خدمات مشاوره ای به اعضاء
-پیشنهاد و تفسیر قوانین و آئین نامه های مرتبط با فعالیت های اعضاء
-پیگیری مطالبات حقوقی اعضا از طریق رایزنی در راهکارهای قانونی با دستگاههای اجرایی ذی ربط
- انجام حکمیت و داوری و رفع اختلاف میان اعضا و همچنین دستگاههای اجرایی

۳-کمیته فنی و عارضه یابی

اهم وظایف:

-رسیدگی به موارد فنی مربوط به مواد- ماشین آلات و تجهیزات و فرآیند ریخته گری تحت فشار ارجاع شده از جانب اعضا
-پیشنهاد جهت انجام عارضه یابی و رفع مشکلات فنی اعضا به کمک گروههای کارشناسی
-انجام بررسی های تخصصی به منظور بر طرف نمودن مشکلات فرآیند تولید
-برگزاری جلسات و انجام بازدید از واحد دارای مشکل فنی
-انجام تحلیل های فنی و جمعبندی و ارائه راهکار و گزارش به واحد تولیدی ذی ربط
-ارائه مشاوره فنی از طریق همکاری با اساتید، کارشناسان و صنعتگران خبره در رشته های مرتبط
-انجام نیاز سنجی های میدانی و تعیین نقاط قوت و ضعف واحدهای مرتبط و تدوین نحوه بهبود مسمر در واحد
-انجام مشاوره با وزارت صمت در راستای صدور مجوز سرمایه گذاری های جدید در جهت توسعه و تکمیل زنجیره تولید صنعت دایکست

٤-کمیته بهبود فضای کسب و کار

اهم وظایف:

-مطالعه بازار صنعت دایکست و معرفی فرصت های سرمایه گذاری در این صنعت
-نظرسنجی در مورد مسائل مرتبط با صنعت دایکست و انعکاس آن
-برنامه ریزی و هدایت انتشارات انجمن مستقیما و یا از طریق برون سپاری به پیمانکاران این رشته
-تدوین برنامه برای برگزاری سمینارها و پیگیری امور مربوط به برپایی نمایشگاهها
-تهیه جزوات،کتاب،بروشور،لوح فشرده و نرم افزارهای لازم مرتبط با فعالیت سایر کمیته های انجمن

تهران- تهرانپارس- قنات کوثر- بلوار مطهری- کوچه هفتم مرکزی- پلاک ۱- طبقه ۳- واحد ۱۰
وب سایت : www.idca۲۰۱۱.com ایمیل : idca۲۰۱۱@gmail.com

تلفن : ۷۷۰٤۷۰۸٤-۰۲۱ تلفکس : ۷۷۰٤٦۰۹۱-۰۲۱

فرم عضویت در انجمن دایکست ایران

نام شرکت					
نام مدیر عامل					
نوع مالکیت			نوع فعالیت		
شماره شناسنامه صنعتی			شماره کارت بازرگانی		
ظرفیت اسمی			ظرفیت فعلی		
شماره های تماس					
شماره فکس			شماره همراه مدیر عامل		
آدرس سایت			آدرس ایمیل		
تعداد پرسنل			تعداد مهندسین متالورژ شرکت		
آدرس کارخانه					
آدرس دفتر مرکزی					
تعداد و نوع ماشین الات					
نوع تولیدات					
گواهینامه های کیفی					

مهر و امضا شرکت

Negin Aluminium
صنایع Golpayegan
نگین آلومینیوم
گلپایگان

- تولید آلیاژ آلومینیوم به صورت شمش، بیلت و پیگ هزار پوندی
- تولید گرانول آلومینیومی
- (نیم کره آلومینیومی) جهت اکسیژن زدایی در فولاد
- تامین و توزیع مواد اولیه مرتبط با صنعت آلومینیوم

- Aluminium Alloys Ingots For Founfries
- Aluminium De-oxidants Granule For Steel Mills
- Supply And Dis tribation Of Raw Materials
- Related To The Aluminium Indus try

نگین آلومینیوم همچون نگینی در صنعت آلومینیوم کشور

دفتر تهران:
بلوار آیت الله کاشانی، بین وفا آذر شمالی و عقیل، پلاک ۳۴۸، طبقه ۳، واحد ۱۰
تلفن: ۰۲۱-۴۹۱۵۴۰۰۰

کارخانه:
گلپایگان، شهرک صنعتی گلپایگان، خیابان تعاون ۲، پلاک ۲۰۲
تلفن: ۰۳۱-۵۷۰۳۰
فکس: ۰۳۱-۵۷۲۴ ۵۷۶۶

Tehran Office :
Unit 10, 3rd Floor, Num. 348, Between the northern Azar St. and Aghil St., Ayatollah Kashani Blvd
Tehran, Iran Tel : +98 21 49 154 000

Factory :
Num. 202, Taavon 2 St., Golpayegan Industrial park, Golpayegan, Esfahan, Iran
Tel : +98 31 57 030 Fax : +98 572 45766

SMS system: +98 100048067
@neginaluminium

www.negincompany.com
sales@negincompany.com

ZPG
TECH

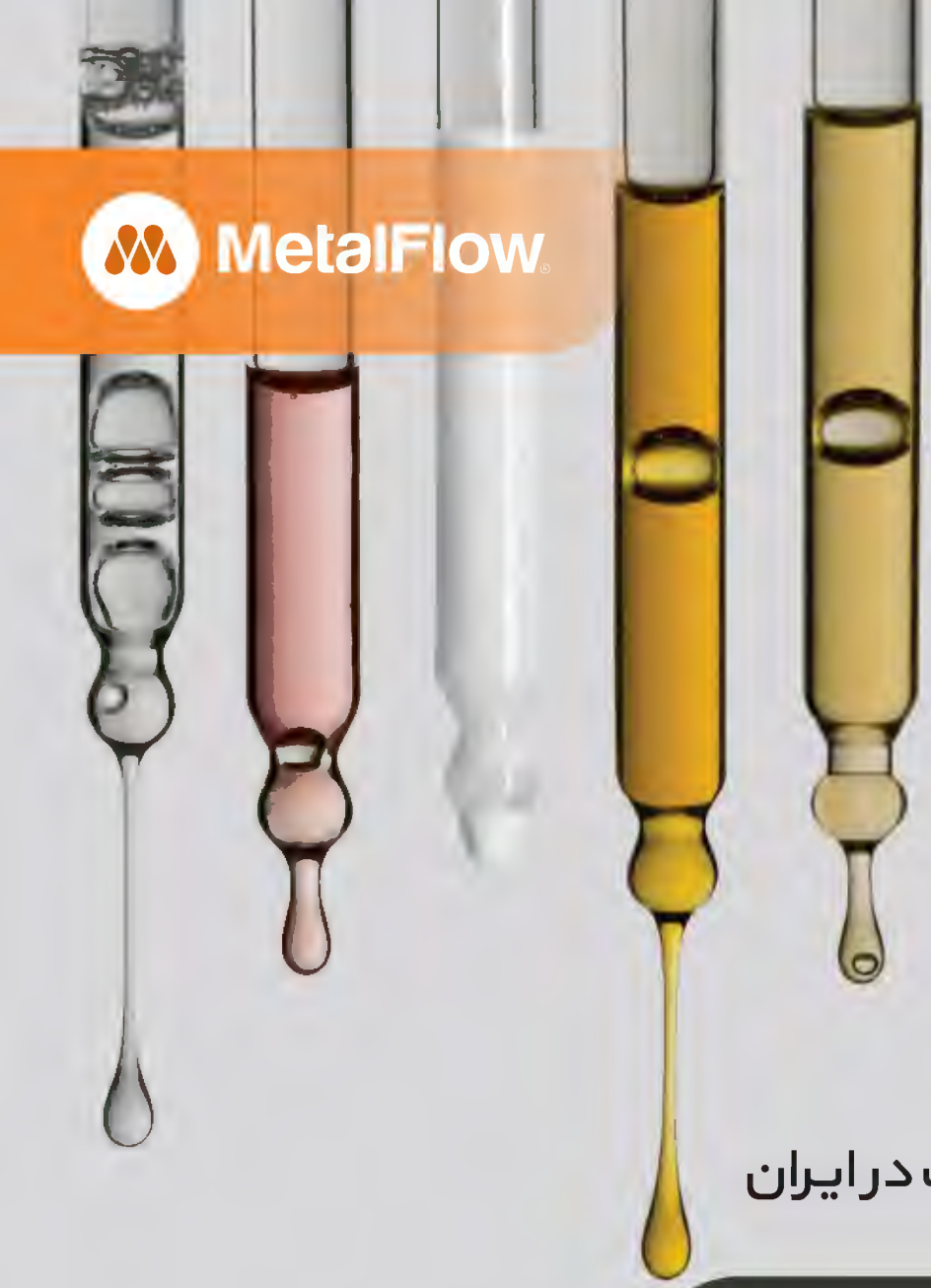
طـــراح و ســـــازنده
کـوره هـای صنـعتی

شرکت طراحی و مهندسی

آذر آهنـــگام البـــرز

www.zpg-tech.com | ۰۲۶-۳۷۷۷۹۳۶۳ | ۰۲۶-۳۷۷۷۹۳۶۰-۲

نوزدهمین نمایشگاه بین المللی متالورژی
ایران متافو
The19th INTERNATIONAL EXHIBITION OF
IRAN METAFO
STEELEXPONOFEREXPOTHERMEXPOMINEXPO
فولاد ـ صنایع معدنی ـ فلزات غیرآهنی (مس، آلومینیوم، روی، ...) ـ ریخته گری
قالب سازی ـ ماشین کاری ـ آهنگری ـ نسوزها ـ کوره های صنعتی و عملیات حرارتی
شرکت سهامی نمایشگاههای بین المللی
جمهوری اسلامی ایران
برگزار کننده:
نمانگر
NAMA NEGAR
۹ ـ ۱۲
آذر
۱۴۰۱
محل دائمی
نمایشگاههای
بین المللی
تهران
30Nov - 3 Dec,
2022
Tehran
International
Permanent
Fairground
5 * 1
EXHIBITION
www.iranmetafo.com sales@iranmetafo.com
تلفن : ۸۸۲۰۳۰۲۰ (۰۲۱)
Member of:
IAEE
AHK
DIHA
aCA
حامی



MetalFlow

پتروفوند
بین الملل

اولین دارنده پروانه تولید
روانکارهای صنعت دایکست در ایران

- ✓ رهاسازهای پایه آبی
- ✓ روانکارهای پلانجر
- ✓ روانکارهای کمکی
- ✓ تحت لیسانس متال فلو اسپانیا

PETROFOND Int.

www.petrofond.it

(۰۲۱) ۸۸۵۴۱۵۰۱-۲
info@petrofond.it

Zobiranian.Co

شرکت آلیاژسازان ذوب ایرانیان

تولید کننده شمش آلومینیوم آلیاژی
طبق استانداردهای بین المللی

آدرس کارخانه: بزرگراه امام رضا، بعد از پلیس راه شریف آباد،
شهرک صنعتی پایتخت، بلوار کاج، نرگس ۱، پلاک ۱۵
www.zobiranalco.com

تلفن کارخانه: ۰۲۳-۳۴۵۷۲۷۶۲
فکس: ۰۲۳-۳۴۵۷۲۷۶۳
Whatsapp, Telegram:09192944008

نوین گداز امین

Novin Godaz Amin

شرکت تولیدی و صنعتی آلیاژهای غیر آهنی

شـرکت نوین گداز امین، با ربع قرن تجربه در زمینه تولید آلیاژهای غیر آهنی نظیر:

- کلیه آلیاژهای آلومینیوم بر اساس استاندارد و یا طبق سفارش مشتریان گرامی
- شـمش های آلیاژی روی (زاماک۳، زاماک۵ و ...) با قابلیت آبکاری
- نیمکـره آلومینیوم جهت گارزدایی در صنایع فولادی
- بیلت اکسترودی آلومینیوم
- **تولید انواع مختلف آندهای فدا شونده**

آدرس دفتر مرکزی: تهران، خیابان مطهری، خیابان سرافراز، کوچه دوم، پلاک یک، طبقه پنجم

آدرس کارخانـه: قم، شـهرک صنعتی شـکوهیه، بلوار آیت الله خامنه ای، کوچه هشـتم

تلفن: ۱۸_۰۲۱۸۸۵۴۰۵۱۳

واتساپ: ۰۹۰۲۱۱۵۸۹۵۹