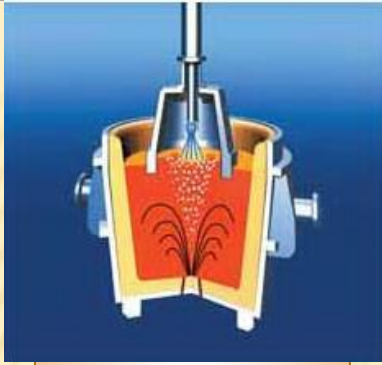






فراندهای متالورژی ثانویه  
*Secondary Metallurgy*



**CHS**



**HMP (KR)**



**HMP**



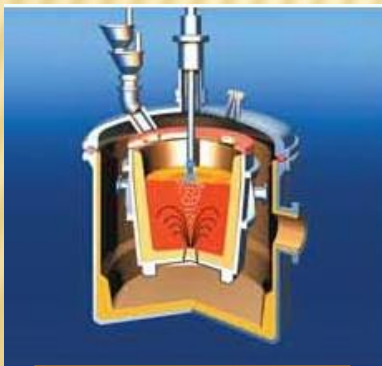
**LTS**



**RH**



**LF**



**VOD**



**VD/VD-OB**



**RH (Top Lance)**

## متالورژی ثانویه چیست؟

روش مرسوم فولاد سازی با تولید گرید فولاد مورد نیاز در یک عملیات موثر شناخته شده است که نتیجه آن مدت زمان طولانی ذوب، افزایش دوره بازیابی و تصفیه مذاب و تنش بیشتر بر خود تجهیزات فولاد سازی می باشد. به همین جهت برای تولید اقتصادی فولاد، تولید فولاد به دو مرحله اولیه و ثانویه تقسیم می شود که مرحله اول تولید مذاب پایه و اولیه می باشد که بعد از کربن زدایی و سولفورزدایی ذوب مستقیماً به داخل پاتیل ریخته می شود، جهت افزایش تولید و بالا بردن عمر نسوز پاتیل دمای مذاب در سطح پایین نگه داشته می شود.

## وظایف متالورژی ثانویه

- ایجاد دمش گاز خنثی جهت هموژن کردن محتویات پاتیل
- افزودن دقیق و صحیح عناصر آلیاژی، دستیابی به راندمان (Yield) بالاتر عناصر آلیاژی و بستن محدوده ترکیب شیمیایی (رسیدن به ترکیب شیمیایی بسیار نزدیک به ترکیب شیمیایی گرید مورد نظر)
- عملیات خلاء برای حذف هیدروژن، اکسیژن، نیتروژن.
- تزریق مواد پودری مخصوصاً به منظور سولفورزدایی
- تغذیه سیم های توپر یا روکش دار شامل مواد پودری مختلف برای تولید میکرو آلیاژ و کنترل شکل آخال
- حرارت دادن مذاب توسط الکتروود ای گرافیتی یا متناوباً توسط انرژی شیمیایی ناشی از واکنش اکسیژن و آلومینیوم.

## عملیات خلاء یک کاربرد ویژه متالورژی ثانویه:

فشار بخار وابسته به واکنش ها کلید حذف عناصر در فولاد می باشد. به طوری که خلاء منجر به حذف عناصر شبیه کربن، اکسیژن، هیدروژن یا نیتروژن از فولاد می شود. برای انجام این واکنشها تعادل ترمودینامیکی، شدت جریان گاز خنثی و سرعت انتقال از فاز مذاب به فاز گاز فاکتورهای هستند که نقش مهمی بازی می کنند.

واحد گرید فولاد	RH/ RH-TOP	VD/ VD-OB	VOD	LF	CHS	LTS
ورق های نورد گرم شده (DDG, EDDQ)	Δ	*		*	*	*
ورق های بدنه خودرو (میکروآلیاژ IF)	Δ	*				
فولاد سیلیسیم دار (ورق های الکتریکی)	Δ					
فولاد ساختمانی کم کربن	*	Δ		*		*
فولاد ساختمانی کربن متوسط	*	Δ				*
فولاد های پر آلیاژ (ابزار کار گرم)	*	Δ		Δ		*
فولاد زنگ نزن - فریتی و آستنیتی			Δ	*		*
* امکان پذیر (با محدودیت)      Δ دارای اولویت (بدون محدودیت)						

### فواید و صرفه اقتصادی واحد متالورژی ثانویه :

- افزایش تولید در واحد فولاد سازی
  - کاهش زمان Tap to Tap واحد ذوب
  - صرفه جویی در مصرف انرژی اولیه و واحدهای جنبی
  - کاهش میزان مصرف مواد شارژ به عنوان فروآلیاژ
  - ثابت ماندن کیفیت فولاد در یک ذوب با ذوب دیگر
  - پیشرفت در فولادهای جدید کیفی
  - کاهش میزان تعمیرات
  - شرایط بهتر کاری برای کارکنان تولید
  - رشد و پیشرفت انضباط شرکتی در تمامی واحدهای دخیل در چرخه تولید
- تولید فولاد های فوق تمیز

## متالورژی ثانویه قلب فولاد سازی

واحدهای متالورژی ثانویه به منظور ارتباط چند منظوره بین واحد اولیه ذوب (کوره ها) و واحد ریخته گری مداوم یا شمش ریزی تشکیل یافته است. به منظور افزایش روز به روز کیفیت و تولید بیشتر هر واحد فولاد باید مقیاس ها و تکنیک های جدید موفق را اجرا کنند تا قادر باشند به تقاضا جوابگو باشند. با سرمایه گذاری در واحدهای متالورژی ثانویه و تجهیزات برای هر واحد فولادسازی بطور چشمگیری امکان پذیر خواهد بود که در زمینه های فرآیندهای قابل اطمینان محصول با کیفیت و بهره وری رشد و پیشرفت کند.

### تولیدات ورق (محصولات نازک)

برای تولید کنندگان محصولات نازک و ورق فولادی تاکید بر تولیدات گریدهای کم کربن و فوق کم کربن، نصب واحد RH یا RH-TOP بین واحدهای ذوب و ریخته گری برای تولید کیفیتهای با قابلیت کشش فوق عمیق (EDDQ)، بهبود تمیزی فولاد و قابلیت تولید کنندگان فولاد به بهینه ساختن تولید اقتصادی گریدها را امکان پذیر می کند.

یک واحد RH یا RH-TOP می تواند عملیات متالورژیکی را مانند کربن زدایی، گاززدایی، اکسیژن زدایی یا تنظیم آنالیز و درجه حرارت را با دقت بالا انجام دهد. برای گریدهای فولادی که نیاز به هیچ گونه عملیات خلاء ندارد اما بهر حال نیاز به فولاد با تمیزی بالا و قابلیت ریخته گری فوق العاده است یک کوره پاتیلی تنظیمات متالورژیکی شبیه تنظیم و کنترل سرباره، سولفورزدایی و یکنواخت سازی را انجام می دهد.

### تولیدات طولی (بلند):

سایت های فولاد سازی که محصولات طولی تولید می کنند با تاکید بر فولاد تمیز، محصولات یاتاقان ها، فنرها، محصولات چکشکاری، لوله ها یا فولادهای پرآلیاژ نیاز به یک تکنولوژی تصفیه پیچیده می باشد.

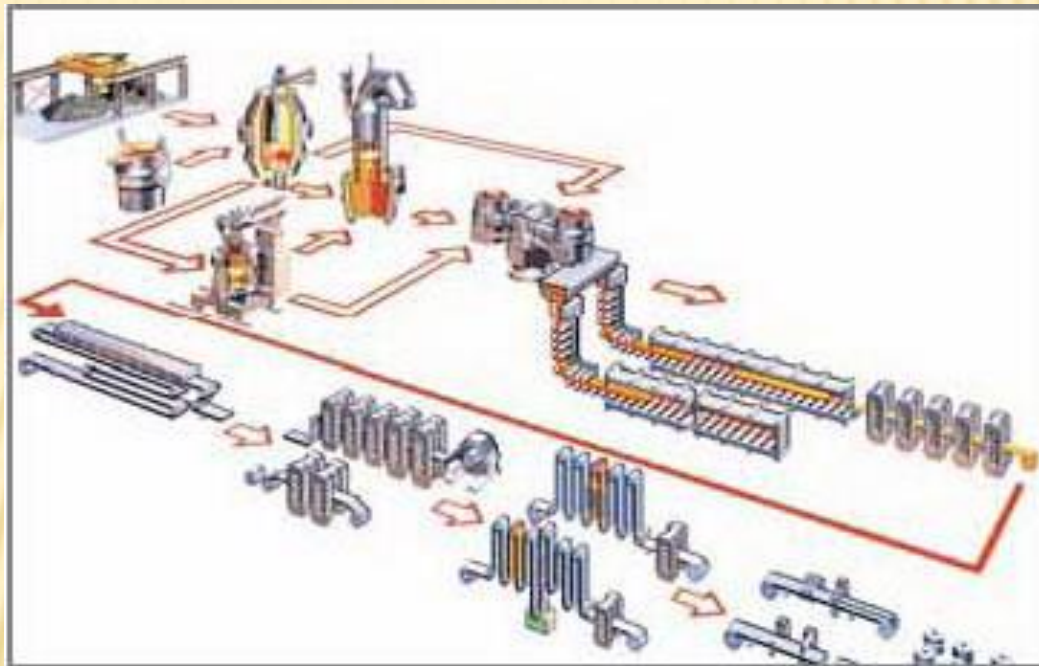
کوره و مخزن گاززدا (دارای یا بدون لنس دمش اکسیژن) سرمایه گذاری مهمی هستند جهت دستیابی به تکنیک های تصفیه متالورژی ثانویه برای تولید فولادهای تمیز فوق الذکر.

کار متالورژیکی شبیه تنظیم ترکیب شیمیایی، سولفورزدایی، اکسیژن زدایی به کمک دمش حباب های گاز خنثی در کوره های پاتیلی در دمای مشخصی انجام می شود. جهت انجام مراحل تصفیه بیشتر برای گاززدایی و حذف مواد اکسیژن زدا در مخزن

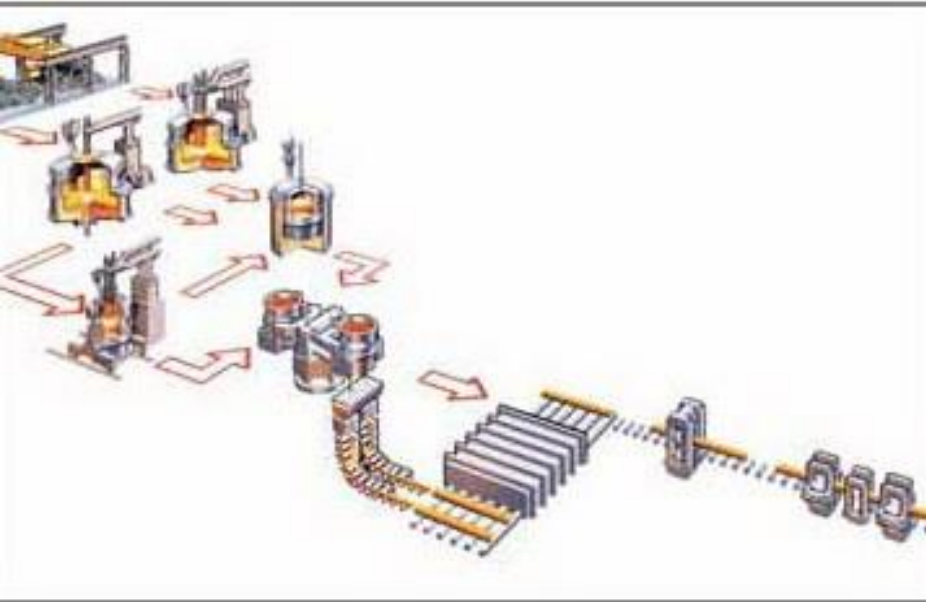
گاززدا قرار داده می شود.

برای ذوب و تصفیه گریدهای فولاد زنگ نزن روش های مختلف و زیادی وجود دارد. انتخاب هر روش متأثر از وجود مواد اولیه ، طرح محصول نهایی و مباحث اقتصادی و توجیهی طرح است.

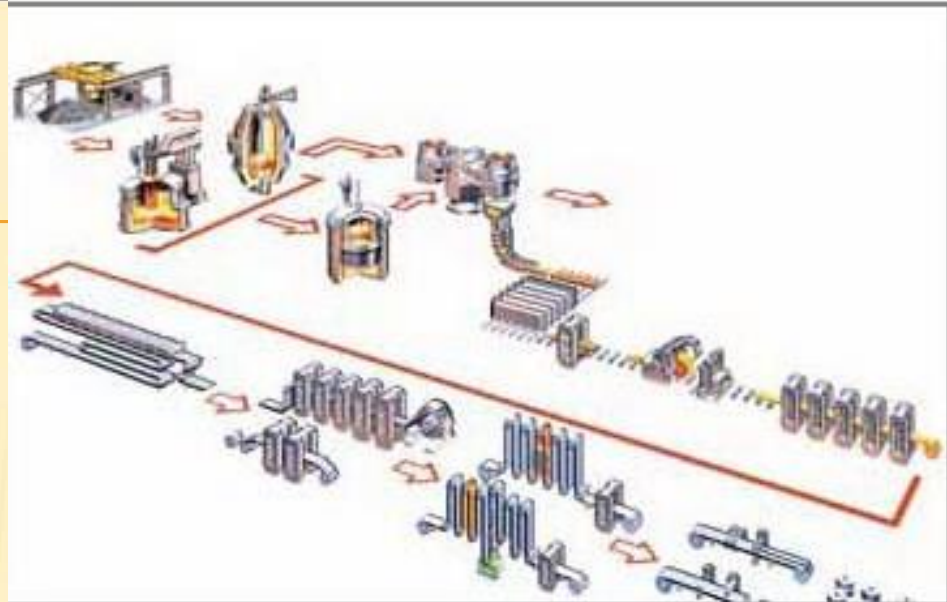
در کل تولید فولاد زنگ نزن به دو فرآیند دوتایی و سه تایی تقسیم بندی می شود. فرآیند تصفیه دوتایی ، ترکیبی است از ذوب در کوره قوس الکتریکی و متعاقباً تصفیه در کنورتور، که می تواند با نصب واحد VOD خط به تصفیه سه تایی بسط پیدا می کند که جهت داشتن کمترین مقدار کربن ، گوگرد یا نیتروژن در محصول نهایی لازم می باشد.



نمونه ای از خط فرآیند برای تولیدات ورق فولاد: BOF-LF/RH-CCM با توجه به گرید فولاد تولیدی، LF یا RH-TOP جهت انجام امور متالورژیکی برای تولید اقتصادی انجام می دهد



نمونه ای از خط فرآیند برای تولیدات طولی EAF-LF-: VD-CCM، LF و VD سرمایه گذاری قابل توجهی جهت بهینه سازی روش های تصفیه متالورژی ثانویه برای تولید فولاد تمیز با قیمت های رقابتی



نمونه ای خط فرآیند برای تولید فولاد زنگ نزن : EAF- VOD-CCM ، AOD/MRP ، VOD یک سرمایه گذاری کم برای تولید گرید های ویژه فولاد با کمترین سطح کربن ، گوگرد و نیتروژن.



## فرآیند RH

قابلیت برجسته فرآیند چرخشی RH (Ruhrstahl Heraeus) برای عملیات مورد نظر جهت کوتاه کردن زمان TAP در بیش از ۱۳۰ واحد که عموماً در کارگاه های BOF ساخته شده اند با توناژ تولیدی بالای ۴۰۰ تن به اثبات رسیده است.

نکات مور توجه در این فرآیند به شرح ذیل می باشد:

- کوتاهی زمان عملیات
- کمترین میزان افت دما
- عدم سرباره ویژه
- عدم نیاز به تجهیزات برای فری برد پاتیل
- عدم نیاز به پروس پلاگ
- دارای نتیجه بسیار مطلوب از گاززدایی و کربن زدایی

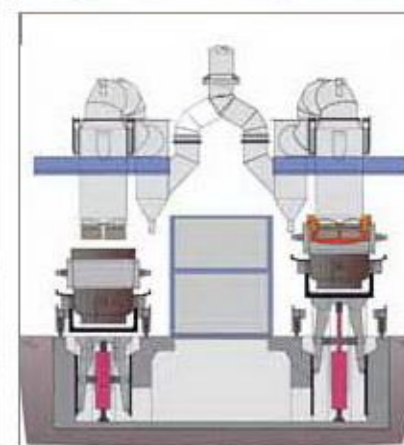
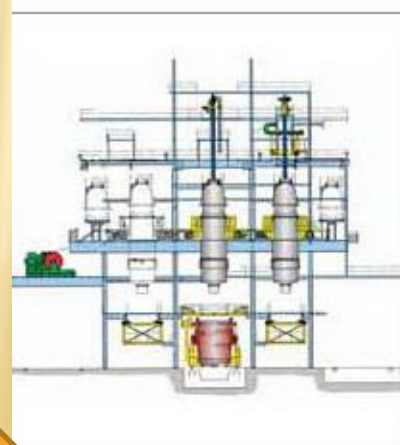
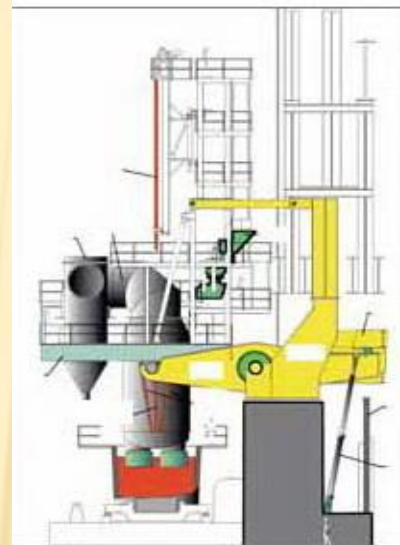
## کاربردهای فرآیند RH

- رساندن کربن به کمترین سطح
- گاززدایی (حذف هیدروژن)
- آلیاژسازی موثر و کارآمد/حذف و پاک کردن ناخالصی های ریز و ظریف با دقت بالا
- همگن سازی سریع محتویات پاتیل در مواقعی که حجم زیادی سیلیسیم اضافه شده باشد
- 9 اکسیژن زدایی تحت خلأ



## نکات کلیدی در طرح:

- نصب مخزن ثابت (سیستم بالابریاتیل)
- نصب مخزن متحرک (سیستم بالابر مخزن)
- سیستم مبدل سریع مخزن برای افزایش قابلیت دسترسی
- نصب مخزن دوتایی برای افزایش قابلیت دسترسی



240ton RH-  
TOP(Germany)

RH-TOP (CHINA)

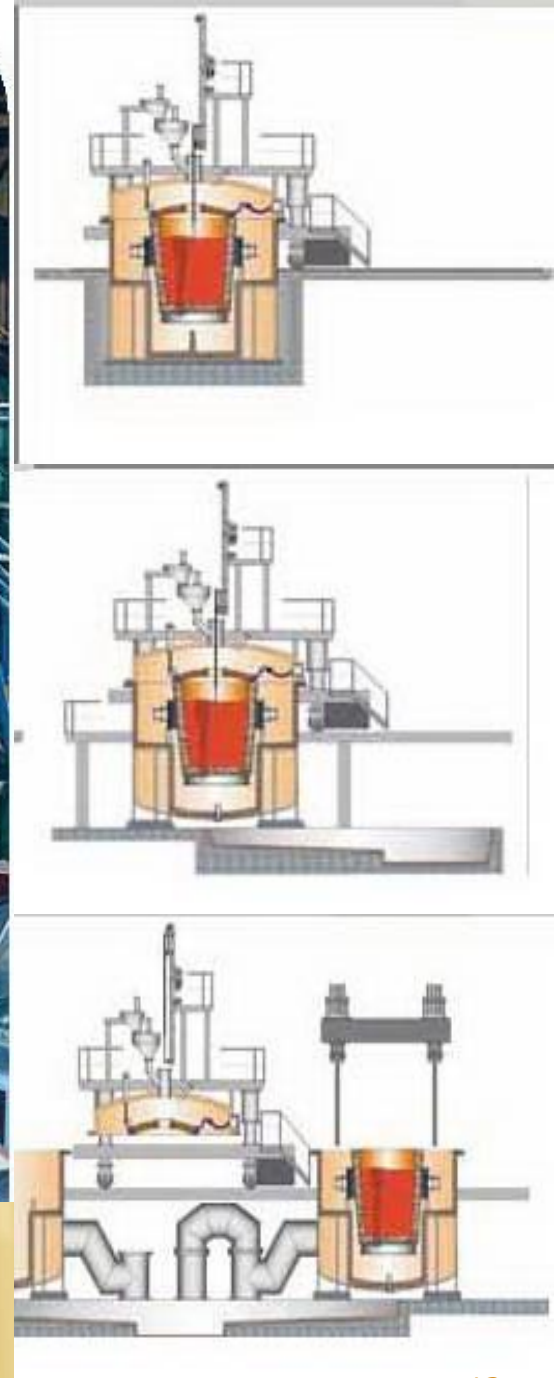
قابلیت بالا و مناسب بودن فرآیند VD برای تولید گریدهای فولاد با کیفیت بالا در بیش از ۱۴۰ واحد تولیدی ساخته شده در کارگاههای EAF، BOF و با توناژهای تولیدی بالای ۳۴۰ تن به اثبات رسیده است.

این فرآیند به صورت ذیل مشخص می گردد:

- تخلیه آزاد سرباره در واحد ذوب
- استفاده از پاتیل با فری برد مناسب
- دمش گاز خنثی از کف پاتیل توسط پروس پلاگ
- هزینه عملیات پایین

### کاربردهای فرآیند VD

- گاززدایی (حذف هیدروژن و نیتروژن)
- کاهش کربن به کمترین سطح
- گوگرد زدایی توسط فلز/واکنش سرباره
- آلیاژسازی کارآمد و مفید/حذف ناخالصی های ریز و ظریف با دقت بالا
- کنترل سرباره
- کنترل شکل ناخالصی ها
- همگن سازی محتویات پاتیل



↑  
240 ton - VD  
(France)

- ❖ نصب سیستم لانس دمش اکسیژن با ایجاد ویژگی اضافی جهت کاربردهای ذیل استفاده می شود:
- ❖ دمش اکسیژن برای کربن زدایی بیشتر از سطح بالای کربن برای تولید گریدهای فولادی فوق کم کربن (ULC)
- ❖ دمش اکسیژن برای گرم کردن به روش شیمیایی با سوزاندن AL

## نکات کلیدی در طرح:

- نصب تانک ثابت در بالا یا پایین سطح کارگاه
- نصب تانک متحرک
- نصب تانک دوقلو جهت افزایش قابلیت دسترسی
- طراحی پاتیل خلاء
- پمپ های مکانیکی جهت اعمال خلاء

165 ton VD-OB  
(Berkeley - USA)



قابلیت و اقتصادی بودن فرآیند کربن زدایی تحت خلاء با دمش اکسیژن (VOD) برای تولید گریدهای فولاد زنگ نزن با کیفیت و تمیزی بالا در بیش از ۷۵ پلنت و با توناژ بیش از ۲۰۰ تن مورد تایید قرار گرفته است.

به علت فشار بخار پایین تر CO تحت خلاء، کربن زدایی ذوب های پرآلیاژ به کمترین مقدار کربن بطوری که همزمان بالاترین راندمان (Yield) کرم بدست می آید و نیاز به تصفیه اضافی نمی باشد. پلنت VOD معمولاً به صورت ترکیبی با واحد EAF (فرآیند دوتایی) یا در ترکیب با یک EAF و کنورتورهای MRP/AOD می باشد (فرآیند سه تایی).

این فرآیند به صورت ذیل مشخص می گردد:

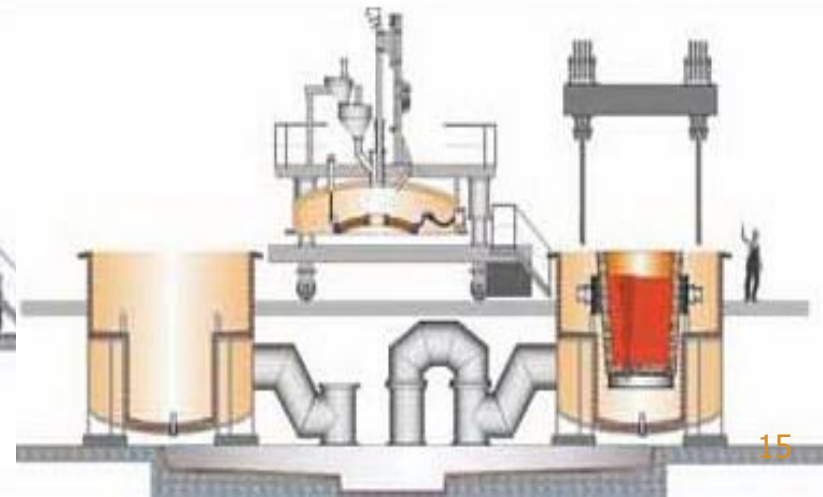
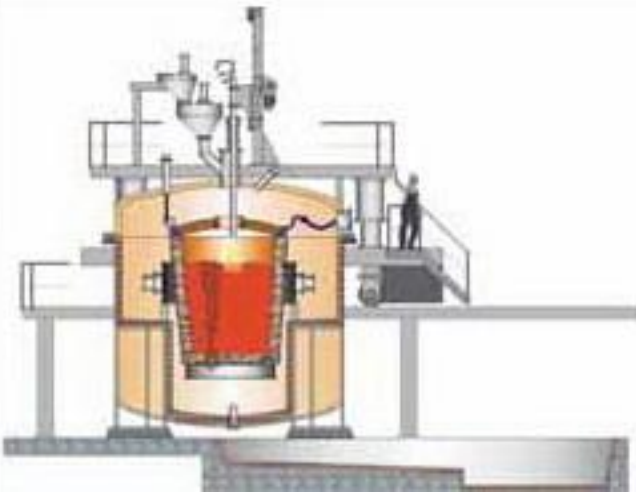
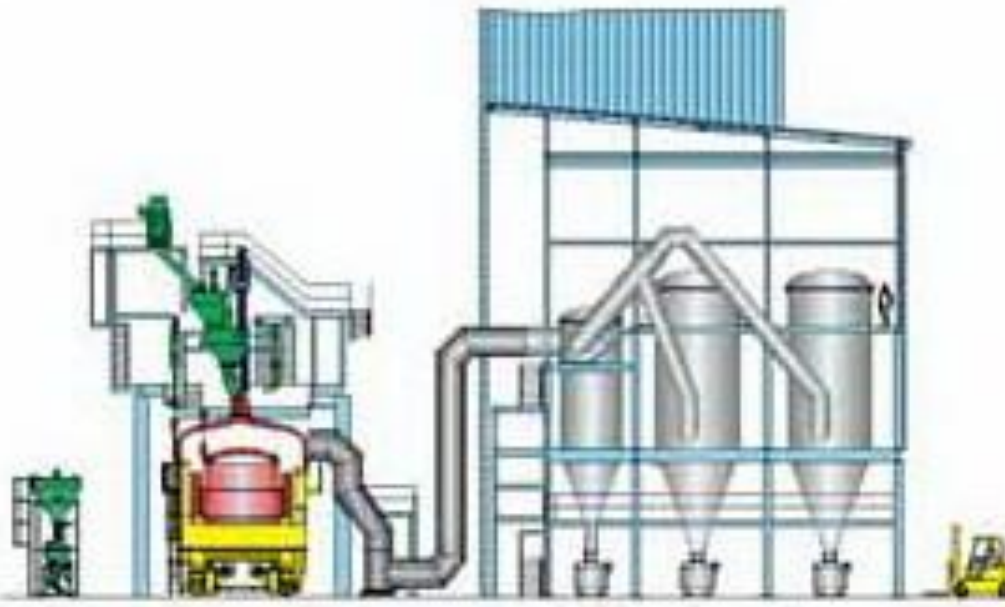
- تخلیه آزاد سرباره در کوره ذوب
- استفاده از پاتیل با فری برد مناسب
- دمش گاز خنثی به داخل پاتیل از طریق کف توسط پروس پلاگ
- لانس دمش گاز اکسیژن با راندمان بالا و کمترین پاشش مذاب



- ❖ تولید فولاد زنگ نزن
- ❖ هموژن کردن محتویات داخل پاتیل

## نکات کلیدی در طرح:

- نصب تانک ثابت در بالا یا پایین کف کارگاه
- نصب تانک متحرک
- نصب تانک دوقلو برای افزایش قابلیت دسترسی
- طراحی پاتیل خلاء

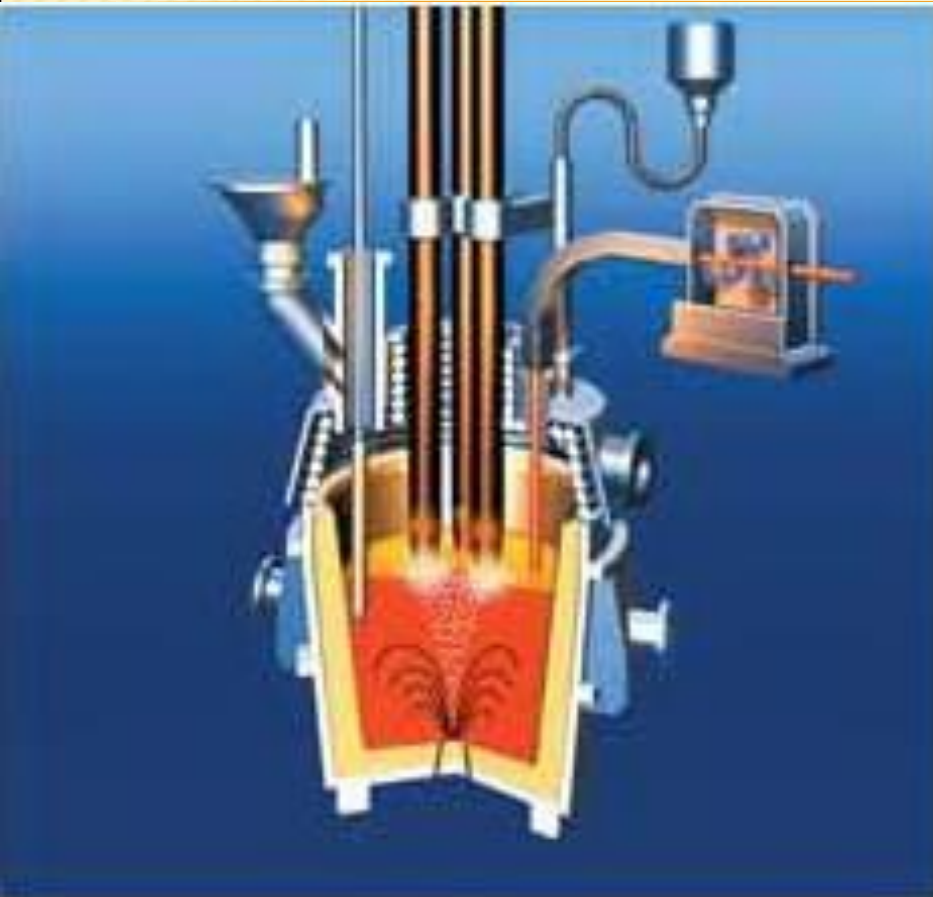




120 ton VOD  
(Shanghai-China)



فرآیند کوره های پاتیلی



کاربرد فرآیندهای فولاد سازی ثانویه مانند گاززدایی یا سولفورزدایی بطور چشمگیری منجر به کاهش دما در فولاد می شود. این تلفات دما باید توسط فوق گداز در واحد ذوب قبلی در موقع تخلیه جبران شود.

فوق گداز در واحد ذوب باعث مشکلات مختلفی می شود:

- کاهش تولید در واحد ذوب
- افزایش مصرف نسوز
- افزایش جذب گازهای مضر

یک کوره پاتیلی راه حل تکمیلی برای حل این مضرات است. بیش از ۲۰۰ واحد نصب شده در واحدهای فولاد سازی EAF و BOF با توناژ بالای ۴۰۰ تن برتری کوره پاتیلی را بر سایر راه کارها به اثبات رسانیده است.

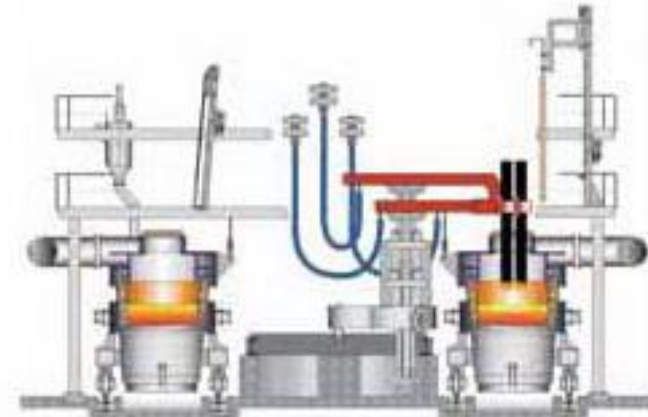
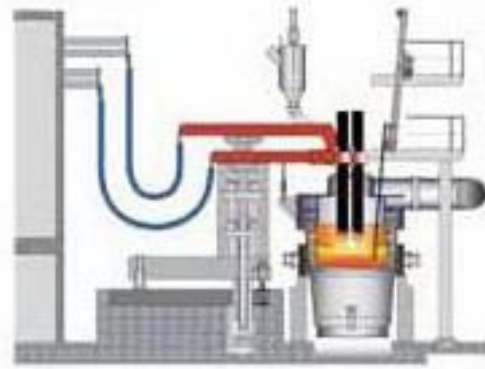
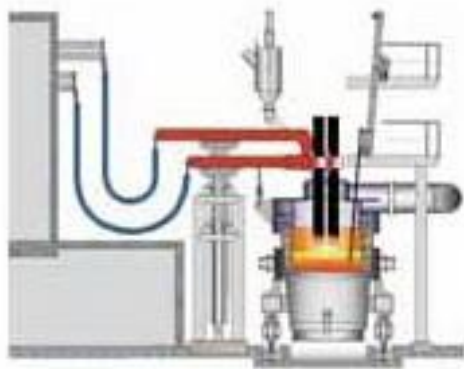


- افزایش دما با جریان الکتریکی
- گوگرد زدایی توسط فلز/واکنش سرباره
- آلیاژسازی / حذف ناخالصی های ظریف
- کنترل سرباره
- کنترل شکل ناخالصی ها و آخال ها
- همگن کردن محتویات پاتیل
- عملیات واسط بین واحد ذوب و واحد ریخته گری پیوسته
- برای اطمینان از سکوننس ریخته گری

130 ton LF  
(China)



- نصب سقف ثابت
- نصب سقف قابل چرخش
- دو جایگاه عملیات یا دو ماشین حمل پاتیل جهت افزایش قابلیت دسترسی
- بازوهای هدایت جریان الکتریکی ساخته شده از ورق های مسی یا آلومینیومی
- سقف با دمش گاز خنثی برای کاربردهای ویژه





↑  
170 ton LF (South Africa)

برای گرم کردن شیمیایی انرژی گرمایی از یک واکنش گرمازا ناشی از اکسید شدن آلومینیوم (یا سیلیسیم) استفاده می شود. فرآیند تحت شرایط اتمسفری و با استفاده از یک

ناقوسی یا حلقه نسوز انجام می شود.

ناقوسی شکل بطور جزئی به داخل حمام فولاد مذاب وارد می شود، به دلیل اینکه این فرآیند تحت شرایط گاز خنثی انجام می شود روش بسیار مفید و موثری برای دستیابی به فولاد تمیز با ترکیب شیمیایی دقیق است.



## کاربرد های فرایند CHS

- گرم کردن شیمیایی
- آلیاژسازی / حذف ناخالصی های ظریف
- کنترل شکل ناخالصی ها
- همگن سازی کیفی و دمایی فولاد

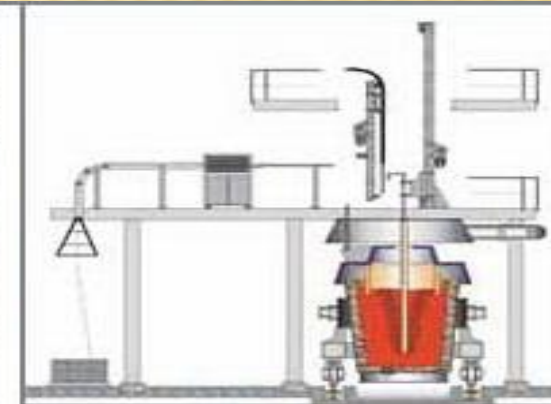
بیش از ۳۰ پلنت نصب شده در کارگاه های EAF و BOF با توناژ تولیدی بیش از ۴۰۰ تن قابلیت این فرآیند را به اثبات رسانده است.

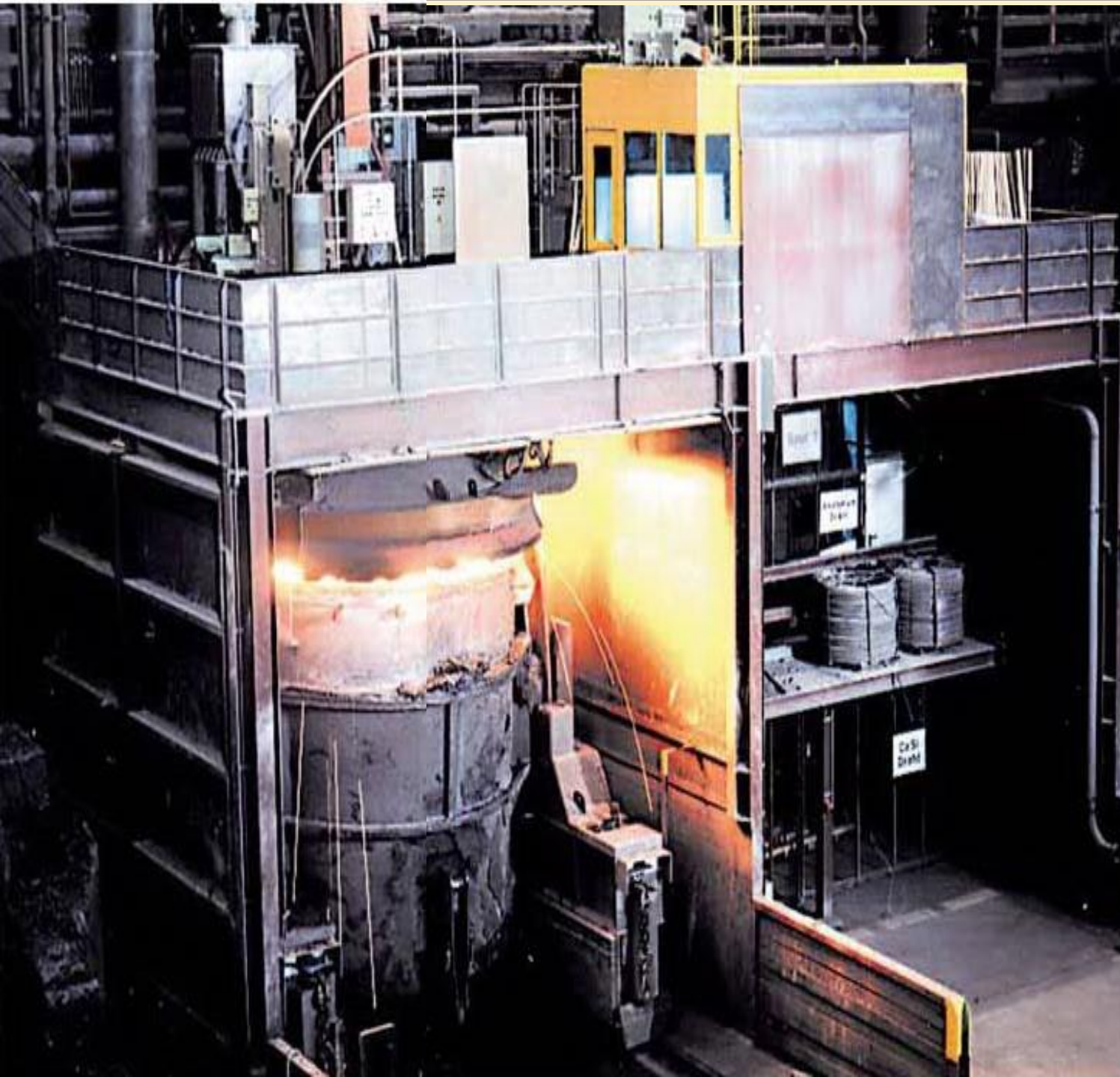
320ton CAS-OB (U.K)

در این فرآیند تصفیه پاتیل بدون نیاز به نصب تجهیزات زیاد و بزرگ و با هزینه کم و با یک عملیات انجام می شود، LTS واحدی است بین واحدهای ذوب و ریخته گری.

## کاربردهای فرآیند LTS

- ❖ اکسیدزدایی با اضافه کردن آلومینیوم و میکرو آلیاژها
- ❖ تنظیم کردن ترکیب شیمیایی با تغذیه سیم و اضافه کردن مواد آلیاژی
- ❖ همگن سازی فولاد مذاب با استفاده از لانس دمشی یا دمش از کف
- ❖ سولفورزدایی با اضافه کردن سرباره مصنوعی یا تزریق پودر
- ❖ تنظیم دما با اضافه کردن عوامل خنک ساز
- ❖ سرویس دادن به عنوان واحد نگهداری مذاب قبل از ریخته گری





واحد LTS  
جهت  
سولفورزدایی  
تحت گاز  
خنثی







در بیشتر واحد های فولاد سازی مذاب خروجی از کوره بلند حاوی ۰.۰۲ - ۰.۰۴٪ گوگرد می باشد. ریخته گری انجام می شود و محصول نهایی با کیفیت مورد نیاز می باشد، بنابراین فلز مذاب حاوی مقدار حداقل ۰.۰۱ تا ۰.۰۰۱٪ به کنورتور اکسیژن شارژ می شود.

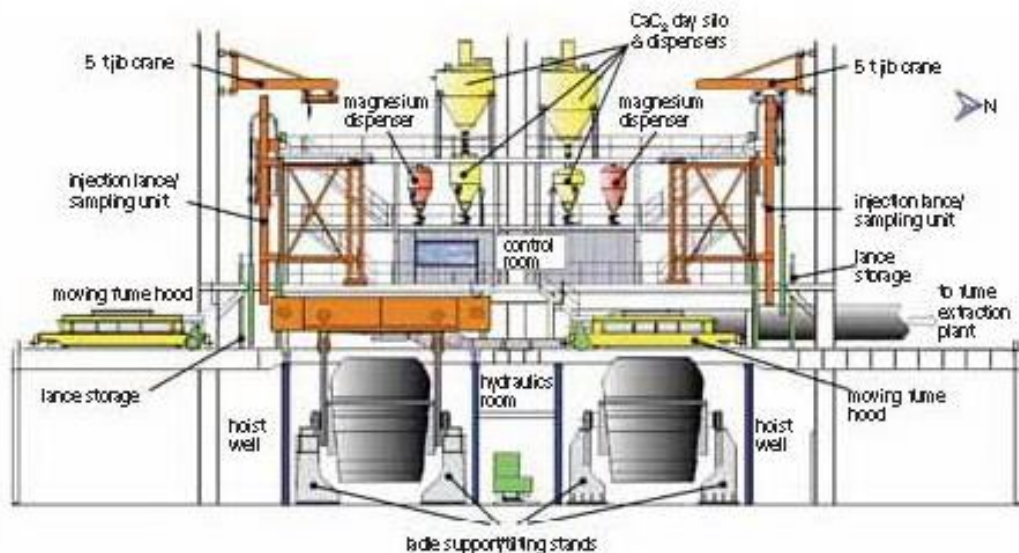
با توجه به این موضوع پیش عملیات فلز مذاب به معنی تنظیم ترکیب شیمیایی (سولفورزدایی، گاهی فسفرزدایی و سیسیلیس زدایی) و تنظیم دماست که بروی مذاب خروجی از کوره بلند بطور حتم انجام می شود. علاوه بر این خطوط مدرن تولید EAF نیز نیازمند یک درصد معین از مواد اولیه عالی و مرغوب به منظور کم کردن و کاهش دادن عناصر ناخواسته و مضر در فولاد می باشد.

شارژ فلز مذاب با گوگرد پایین، علاوه بر کربن قراضه اغلب برای تولید گریدهای با کیفیت بالای فولاد به کار برده می شود.

ابداع تکنولوژی تزریق همزمان از میان سایر تکنولوژی جهت تزریق پودر به منظور کاهش هزینه ها مورد توجه قرار گرفت، قبل از تزریق همزمان به داخل مذاب از طریق یک لانس تزریق ترکیبی نسوز کاری شده واکنش دهنده های مختلفی بطور مجزا به روش ترکیب کنترل شده مرحله به مرحله در خط انتقال مذاب شده اند.

این تکنیک اجازه می دهد که رنج وسیعی از واکنش دهنده در زمانی که میزان دریافتی هر واکنش به طور مستقل تنظیم شده است ترکیب شوند.

بیش از ۲۰ ایستگاه نصب شده در پلنت های فولادسازی EAF و BOF با توناژ تولیدی بالای ۳۵۰ تن این قابلیت را به اثبات رسانده است. یک تکنولوژی دیگر که در سایت های HMP به کار برده می شود فرآیند KR است که ترکیبی است از راندمان خوب واکنش دهنده سولفورزدا (بطور ویژه آهک) است که ذرات را بطور عمقی و یکنواخت در داخل فلز مذاب از طریق هم زن مکانیکی پراکنده می کند.



سولفورزدایی

فسفرزدایی

سیلیس زدایی

سرباره زدایی

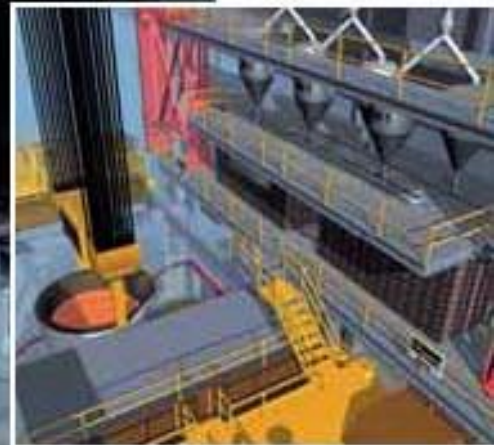
همگن سازی کیفی فلز مذاب و دما

## نکات کلیدی در طرح

- ❖ سیستم تزریق تکی یا همزمان عناصر سولفور زدا
- ❖ سیستم همزن مکانیکی KR



ایستگاه KR متحرک  
برای ۲ واحد عملیات



250ton HMP (Germany)

فرآیند KTB پیشرفته ، ترکیبی است از لانس دمش بالایی اکسیژن RH با طرح جدیدی از قرارگرفتن انرژی حرارتی در داخل مخزن RH ناشی از سوختن، در اثر سوختن CO ، گاز CO2 از مذاب خارج می شود. استفاده از لانس بالایی برای دمش اکسیژن باعث می شود حرارت ناشی از واکنش سوختن عملیات کربن زدایی به خوبی سوختن آلومینیوم در فولاد مذاب باشد، که در خیلی از سایتهای فولاد سازی مناسب می باشد.

قابلیت این فرآیند برای تولید انبوه فولاد فوق کم کربن با کیفیت بالا به اثبات رسیده است. انواع لانس با عمل چندگانه جهت انجام اعمال بیشتر و جدید پیشرفت کرده اند.

سیستم لانس بالایی RH-TOP

- ❖ طراحی لانس کوتاه جهت دمش از یک فاصله زیاد به داخل فولاد مذاب که سبب کم شدن تجهیزات نصب شده می شود و نصب لانس بالایی در سایتهایی که محدودیت ارتفاع ساختمان در RH را داریم ممکن می سازد.
- ❖ دمش پودر برای اهداف کربن زدایی، سولفورزدایی یا فسفرزدایی
- ❖ گرم کن گازی برای تنظیم صحیح و دقیق دمای نسوزمخزن و حذف حرکت های اضافی
- ❖ دوربین های ویدیویی نصب شده در نوک لانس ، امکان دید عالی را در داخل مخزن RH فراهم می کند.

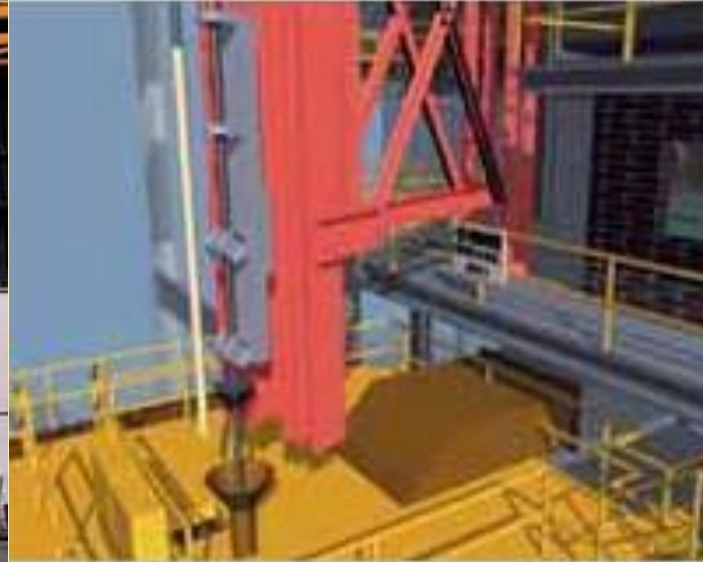
بیش از ۶۰ لانس بالایی نصب شده که خیلی از آنها برای انجام عملیتهای چندگانه طراحی شده است.



300ton RH-TOP  
(Belgium)

## سیستم تزریق پودر

سیستم های تزریق پودر بطور وسیعی در متالورژی ثانویه به کار برده می شود، اغلب این سیستم ها یک ساختار ترکیبی دارند که در کوره های پاتیلی، ایستگاه های حرارت دهی شیمیایی، ایستگاه های عملیات پاتیل یا گاهی مخازن گاززدا جهت افزایش قابلیت سولفورزدایی آنها نصب شده.



## سیستم کوپلینگ اتوماتیک گاز خنثی

دمش گاز خنثی ، آرگون یا نیتروژن از میان کف پاتیل توسط پروس پلاگ برای اهداف مختلف متالورژیکی ضروری می باشد. برای پرهیز از صرف وقت در اتصال دستی و قطع جریان خط تغذیه گاز خنثی، سیستم مطمئن اتوماتیک پیشرفته تهیه گردیده است.

با توجه به کاربرد ویژه، سیستم های کوپلینگ افقی با عملگر یا سیستم کوپلینگ عمودی بدون عملگر استفاده می شود.

سیستمی که بیشتر مورد استفاده است، سیستم کوپلینگ عمودی با مشخصات ذیل می باشد:

یک قطعه محکم کوپلینگ گاز خنثی که همیشه به پاتیل نصب است. در زمانیکه قطعه پایینی قابل انعطاف می تواند در جاهای مختلف نصب شود

سیستم کوپلینگ افقی  
گاز خنثی

سیستم کوپلینگ عمودی گاز خنثی

## مکانهای استفاده از سیستم گاز خنثی:

- ❖ در جایگاه تخلیه ماشین حمل پاتیل
- ❖ در کوره پاتیلی داخل ماشین حمل پاتیل
- ❖ داخل مخزن خلاء
- ❖ در جایگاه پاتیل در ایستگاه عملیات پاتیل
- ❖ در جایگاه پاتیل بر گردان ماشین ریخته گری

کوپلینگ بطور خودکار در زمان پایین آمدن پاتیل انجام می شود  
سیستم کوپلینگ افقی توسط یک سیلندر پنوماتیک جا زده می شود که بعد از پایین  
گذاشتن پاتیل خط گاز آرگون توسط خط مکانیکی عمل می کند.

### نکات کلیدی طرح

- بیش از سه پروس پلاگ تکی سیستم تغذیه گاز
- کاربردی برای شرایط تحت خلاء
- سیستم کوپلینگ افقی
- سیستم کوپلینگ عمودی



- The Heart of Steel Making Secondary Metallurgy (SMS MEVAC)



# پایان

ترجمه و گردآوری:

وحید خسروی

بخش ذوب واحد فولادسازی مجتمع فولاد هرمزگان

## فرایند متالورژی ثانویه در فولادسازی به روش کوره قوس الکتریکی

منظور از متالورژی ثانویه عملیات متالورژی ثانویه عمدتاً بر مبنای پالایش فولاد در پاتیل مذاب می باشد. از مهمترین اهداف تصفیه فولاد مذاب در پاتیل می توان به موارد زیر اشاره کرد :

- ❖ - اصلاح آخال
- ❖ - گاز زدائی (اکسیژن زدائی)
- ❖ - گوگرد زدائی
- ❖ - آلیاژ سازی (تنظیم آنالیز شیمیایی)
- ❖ - تنظیم دما

## نمایی از کوره پاتیلی (LF)



## آخال در فولاد

- منشاء ورود آخال منابع متعددی است که عبارتند از:
- محصولات اکسیژن زدائی (مانند آلومینا)
- محصولات اکسیدآسیون ناشی از اکسیدآسیون در معرض هوا - آخال خارجی (مانند غبار هوا)
- ذرات جدا شده از نسوز
- محصولات واکنش مذاب با نسوز

### عوامل موثر در کنترل میزان آخال در فولاد

- کنترل سرباره
- کنترل مراحل دمش اکسیژن
- اصلاح روش فولاد سازی
- انتخاب صحیح و استفاده درست از اکسیژن زداها

### تولید فولادهای تمیز

بررسیهای میکروسکوپی بر روی ساختمان فولادها نشان می دهد که تولید فولاد عاری از ناخالصی غیر ممکن است البته می توان با روشهایی مثل تولید فولاد به روش ذوب در خلاء میزان ناخالصی ها را تا حدود ۰/۰۰۳ درصد وزنی داد. به همین خاطر به کار بردن واژه تمیزی برای فولادها به مفهوم تمیزی نسبی می باشد.

بطور کلی گازها به سه صورت مختلف در ساختار فولادها ظاهر می شوند.

- ترکیبات شیمیائی مختلف مثل ( اکسید ، نیتريد ، هیدرید و... )
- محلول در فولادها ( به صورت فیزیکی )
- حبابهای گازی محبوس شده.

اکسیژن ، هیدروژن و نیتروژن جزء گازهای دو اتمی ساده هستند این گازها هم در فولاد مذاب و هم در فولاد جامد به صورت اتمی حل می شوند برخی از گازها نیز با عناصر آلیاژی موجود در مذاب واکنش داده و تشکیل ترکیبات مختلف می دهند این ترکیبات تا حدی در مذاب بصورت محلول هستند.

عوامل ترمودینامیکی و سینتیکی موثر در جذب گاز توسط فولاد مذاب:

- دمای فولاد مذاب
- ترکیب شیمیایی مذاب ( ضریب اکتیوتیه گاز محلول )
- زمان تماس مذاب با اتمسفر حاوی گاز
- سطح تماس مذاب با اتمسفر حاوی گاز

## گاز زدائی

### هیدروژن

فولاد در حالت مذاب خیلی سریع هیدروژن را جذب می کند. در فولاد سازی منبع اصلی هیدروژن بخار آب است که از طریق رطوبت موجود در افزودنیها آهک ، فرو آلیاژها و قراضه جذب فولاد می شود. اساساً در شرایط فولاد سازی مقدار این گاز در فولاد مذاب بین ۲ تا ۱۰ میلی لیتر درصد گرم مذاب می باشد. که با یک سری عملیات پرهزینه می توان مقادیر هیدروژن را کاهش داد اما معمولاً با کنترل صحیح و استفاده از گاز زدائی ثانویه در واحدهای فولاد سازی می توان از جذب هیدروژن جلوگیری کرد.

### نیتروژن

قابلیت انحلال ازت در آهن خالص در دمای ۱۶۰۰ و فشار یک اتمسفر تقریباً ۰.۴٪ است . معمولاً نیتروژن از طریق اتمسفر محیط و گاز همگن کننده در صورتیکه ازت باشد وارد مذاب می شود نیتروژن نسبت به هیدروژن میل ترکیبی بیشتری با آهن دارد لذا تنوع نوع ترکیبات برای نیتروژن بیشتر خواهد بود. نیتریدهای آهن محلول در مذاب تشکیل می گردد. عناصر آلیاژی نیز تاثیر قابل توجهی برقابلیت حل شدن نیتروژن در فولاد مذاب دارد عناصری که میل ترکیبی زیادی با نیتروژن دارند مانند Ti ترکیبات نیتریدی حل شونده ایجاد می کنند که مسلماً قابلیت حل شدن نیتروژن در مذاب فولاد را شدیداً افزایش می دهند .

### اکسیژن

قابلیت انحلال اکسیژن در فولاد مذاب و در دمای C ۱۶۰۰ حدود ۰.۱۶٪ درصد است در حالی که در طول انجماد به ۰.۰۸٪ کاهش می یابد. اکسیژنی که در حین انجماد فولاد از محلول خارج می شود با عناصر فعال موجود در مذاب ترکیب شده و ترکیبات اکسیدی مختلف را بوجود می آورد. این ترکیبات اکسیدی برای حصول خواص مکانیکی زیان آور است.

همچنین با کاهش درجه حرارت مذاب مقداری از اکسیژن اضافی با کربن بصورت منواکسید کربن ترکیب می شود تصاعد گاز CO سبب متلاطم شدن مذاب می گردد این پدیده؛ جوشش کربن نامیده می شود و در تهیه فولادهای ناآرام دیده می شود پدیده جوشش کربن به خروج بهتر گازهای هیدروژن و نیتروژن کمک می کند.

بطور کلی راههای کاهش دادن گازهای محلول در فولاد مذاب استفاده از شارژ تمیز، جوشش مذاب در فولاد سازی، دمش گاز خنثی و استفاده از سیستم خلاء در فرآیندهای فولاد سازی می باشد. هر یک از موارد ذکر شده را نمی توان به تنهایی به کار برد بلکه باید تمامی موارد رعایت شود تا فولاد با کیفیت بالا تهیه شود.



## اکسیژن زدائی

میزان اکسیژن موجود در فولاد مذاب بستگی به ماهیت عناصر حل شده در فولاد مذاب دارد. حضور عناصری که میل ترکیبی آنها با اکسیژن کمتر از میل ترکیبی آهن با اکسیژن است باعث افزایش ضریب اکتیویته اکسیژن در فولاد مذاب می شود. بطور کلی حضور عناصر آلیاژی در فولاد مذاب سبب کاهش حد حلالیت اکسیژن فولاد مذاب می گردد در نتیجه میزان اکسیژن محلول در فولاد مذاب کمتر از میزان اکسیژن محلول در آهن خام مذاب خواهد بود. عمده‌تاً اکسیژن در فولاد مذاب بصورت محلول است ولی بخشی از آن معمولاً به صورت ناخالصیهای ریز اکسیدی در مذاب وجود دارد. هدف از فرایند اکسیژن زدائی فولاد کاهش مقدار اکسیژن محلول است.

### اکسیژن زدائی رسوبی

با افزودن عناصر فعالتر از آهن به فولاد مذاب بین اکسیژن محلول و این عناصر ترکیبات اکسیدی مختلفی بوجود می آید که در فولاد مذاب محلول نیستند. زمانی که عنصر اکسیژن زدا به مذاب اضافه می شود عمل اکسیژن زدائی ممکن است در یک درجه حرارت ثابتی انجام شود در این حالت محصولات تشکیل شده از این اکسیژن زدائی را محصولات اکسیژن زدائی اولیه می نامند. از طرفی ممکن است ضمن کاهش درجه حرارت مذاب در نتیجه سرد شدن فولاد عناصر آلیاژی با اکسیژن آزاد شده در اثر کاهش حد حلالیت ترکیب شوند و عمل اکسیژن زدائی صورت بگیرد. در این حالت محصولات تشکیل شده ناشی از این عمل را محصولات اکسیژن زدائی ثانویه گویند.

## اکسیژن زدائی

### اکسیژن زدائی با منگنز

اساساً توان اکسیژن زدائی منگنز خیلی قوی نیست بدین لحاظ بیشتر به منظور اثر مطلوب بر روی **آخال سولفیدی** **Fes** و همچنین اصلاح اکسیژن زدائی توسط سیلیسیم و آلومینیوم اضافه می گردد.

### اکسیژن زدائی با سیلیسیم

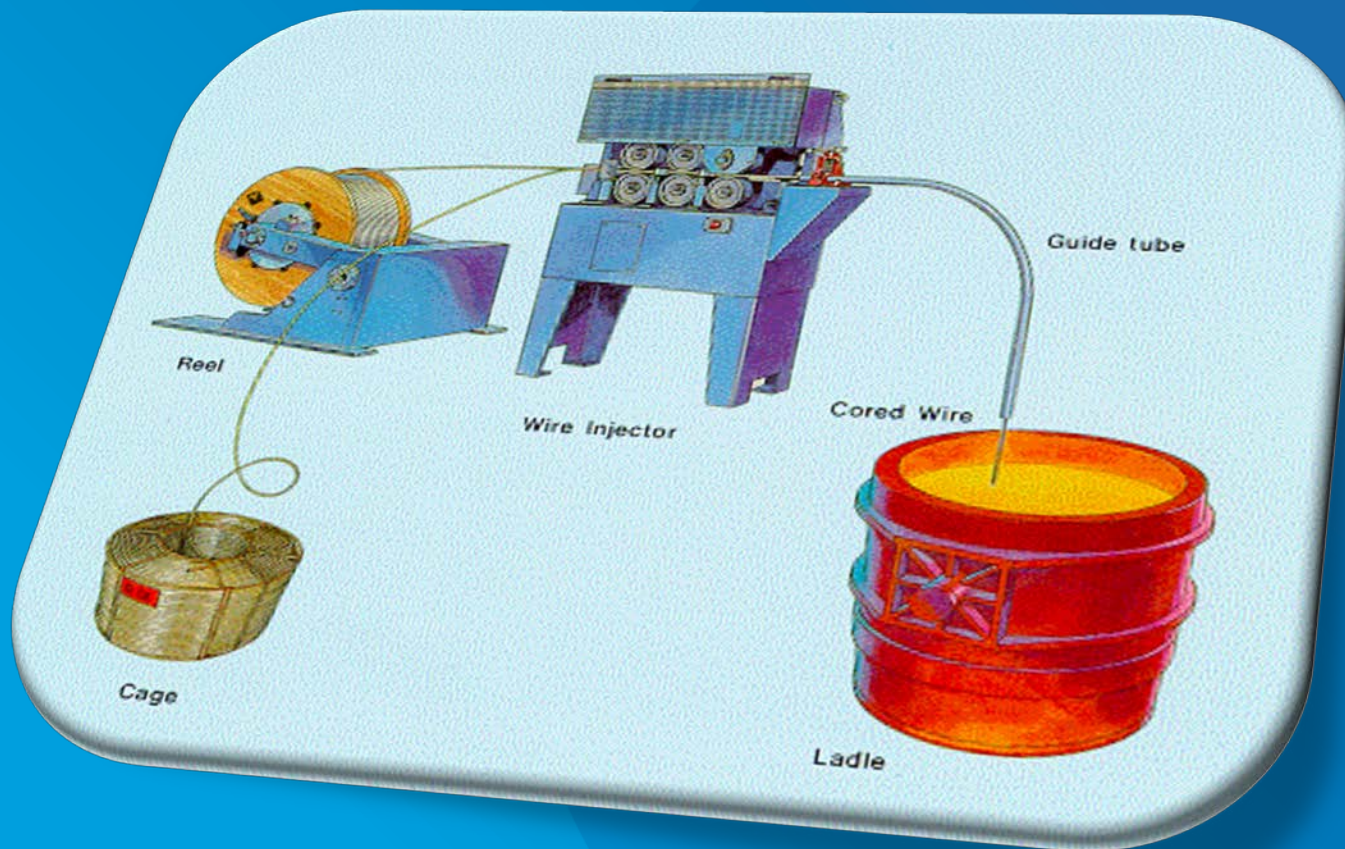
سیلیسیم میل ترکیبی قویتری با اکسیژن دارد و می توان گفت قابلیت اکسیژن زدائی آن نسبت به منگنز بیشتر می باشد محصولات اکسیژن زدائی غالباً به صورت سیلیکاتهای آهن می باشند.

### اکسیژن زدائی با آلومینیوم

آلومینیوم یک اکسیژن زدای قوی می باشد. و معمولاً از این عنصر به منظور اکسیژن زدائی فولاد استفاده می شود در اثر اکسیژن زدائی با آلومینیوم امکان تولید سه محصول وجود دارد.

- مخلوط  $Al_2O_3 - FeO$  مذاب که به مقدار که تولید می شود.
- $Al_2O_3 - FeO$  جامد که نسبت به نوع اول مقدار بیشتری تولید می شود.
- $Al_2O_3$  جامد که بیشترین مقدار تولید را نسبت به دو نوع قبلی دارد.

نمایی از سیستم تزریق وایر آلومینیوم به درون کوره پاتیلی جهت حذف اکسیژن:



## اکسیژن زدائی

### اکسیژن زدائی با کلسیم

انرژی آزاد تشکیل  $CaO$  در میان اکسیدهای معمولی کمترین مقدار است. بنابراین کلسیم بیشترین میل ترکیبی با اکسیژن را دارد و یک اکسیژن زدائی بسیار قوی محسوب می شود از طرفی حلالیت کلسیم در فولاد بسیار کم است . **با توجه به اینکه نقطه ذوب این عنصر پائین است و فشار بخار بالایی دارد؛** در نتیجه معمولاً به صورت خالص بکار نمی رود و بصورت آلیاژهای مختلف  $CaSi$  ،  $CaFe$  بکار برده می شود. پس ناخالصیهای ناشی از اکسیژن زدائی اولیه توسط این عنصر معمولاً سیلیکاتهای مختلف کلسیم است که شامل مقادیر مختلفی  $Al_2O_3$  ،  $FeO$  ،  $MnO$  به صورت محلول جامد می باشد. این ناخالصیها در شمشهای فولاد به صورت کره های شیشه ای کوچک وجود دارند که اگر فولاد تغییر فرم داده شود؛ این ناخالصیها نیز به صورت پلاستیکی تغییر فرم خواهند داد. در برخی موارد کلسیم و آلومینیوم با ترکیبات مختلف به منظور اکسیژن زدائی استفاده می شود که این عمل باعث تشکیل ناخالصیهای آلومینیات کلسیم کروی شکل می گردد.

### اکسیژن زدائی با آلومینیوم - آهک

اکسیژن زدائی با مخلوطی از آلومینیوم و آهک پخته شده مخصوصاً برای تولید فولاد های آرام و نیمه آرام با آلومینیوم و سیلیس حل شده کم ، مفید است. از طرف دیگر اکسیژن زدائی با آلومینیوم و آهک ؛ باعث تشکیل آلومینیات با آهک اشباع شده می شود. توصیه شده برای ایجاد راندمان صد در صد در بدست آوردن محصول واکنش بصورت آلومینیات کلسیم مذاب ، مخلوطی از سه قسمت وزنی آهک و یک قسمت وزنی آلومینیوم برای اکسیژن زدائی استفاده شود.

## عملیات گوگرد زدائی

اصولاً عملیات گوگرد زدائی به دو صورت انجام می شود :

**الف :** استفاده از عناصری که میل ترکیبی آنها با گوگرد بیشتر از آهن با گوگرد است . به شرطی که حلالیت محصول واکنش گوگرد زدائی در آهن مذاب بسیار کم باشد عناصری مثل کلسیم ، منیزیم ، سدیم دارای این شرط می باشند ولی عنصر منگنز شرط دوم را ندارد و محصول واکنش گوگرد زدائی (  $mns$  ) در فولاد مذاب حل می شود.

**ب :** با استفاده از سرباره مصنوعی

در این روش ابتدا یک سرباره مصنوعی بصورت مذاب با بازیسیته بالا ایجاد کرده به نحوی که در این سرباره اکتیویته  $Feo$  تقریباً صفر باشد. هر چه محیط احیائی قوی تر باشد حذف گوگرد بیشتر انجام می شود. لذا از سرباره فولاد سازی که پتانسیل اکسیژن بالائی دارد نمی توان استفاده کرد. دو ماده **آهک و آلومینیوم** از مهمترین افزودنیهای پاتیل برای موثر بودن در فرآیندهای اکسیژن زدائی و گوگرد زدائی فولاد محسوب می شوند. از نقطه نظر واکنش تعادلی؛ **میزان اکسیژن زدائی و گوگرد زدائی توسط دما ؛ ترکیب سرباره و غلظت آلومینیوم محلول باقی مانده در فولاد مشخص می شود.**

میزان گوگرد زدائی فولاد با آلومینیوم و آلومینیات توسط حد حلالیت سولفید کلسیم در سرباره مشخص می شود و به غیر از آهک اشباع شده با جایگزینی جزء  $Al_2O_3$  توسط  $SiO_2$  ظرفیت سولفیدی سرباره افزایش می یابد و بنابراین گوگرد باقی مانده در مذاب کاهش می یابد.

## عملیات گوگرد زدائی

### نکات مهم در مورد گوگرد زدائی:

- بازیسته مناسب جهت گوگرد زدائی بین ۲-۳ می باشد.
- محیط واکنش گوگرد زدائی باید احیایی باشد که با افزودن آلومینیوم و آهک این محیط تامین می شود.
- درجه حرارت فولاد مذاب جهت گوگرد زدائی باید افزایش یابد. (واکنش آلومینیوم با مذاب گرماده بوده و به افزایش درجه حرارت کمک می کند.)
- سیالیت سرباره با افزودن بوکسیت یا فلورین باید افزایش یابد.
- تماس کافی بین سرباره و مذاب برقرار باشد.
- میزان MgO باید در حدود ۱۰ درصد نگه داشت. افزایش MgO باعث کاهش گوگرد زدایی می شود.
- باید بهم زدن فولاد را با توان بیشتری انجام داد تا واکنش گوگرد زدایی به خوبی انجام شود.

## تفاوت‌های ترکیب سرباره کوره قوس و کوره پاتیلی

درصد موجود در سرباره کوره پاتیلی	درصد موجود در سرباره کوره قوس	ترکیب شیمیایی
۱۰	۷	Mgo
۵۰	۳۵	Cao
۱۷-۱۹	۴	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>
۱۸-۲۰	۲۳	Sio <sub>2</sub>
۱ >	۶-۱۰	Mno
۱ >	۱۵-۲۵	Feo

هنگامیکه آلیاژها به دورن حمام مذاب شارژ شوند قسمتی از آنها اکسید می گردد. راندمان یک آلیاژ به میزان زیادی تحت تاثیر درصد اکسیژن موجود در مذاب و روند متالوژی ثانویه آن دارد.

### میزان حلالیت :

اگر با اضافه کردن مقدار مشخص و اندازه گیری شده ای فرو آلیاژ به مذاب درصد عنصر مورد نظر در فولاد به مقدار دلخواه نرسد باید دما را بالا برد و شدت همزدن را تقویت کرد ، زیرا این دو عامل باعث افزایش میزان حلالیت فرد آلیاژ می گردند و از انجماد مذاب در ته پاتیل اجتناب می گردد.

محاسبه مقدار آلیاژ مورد نظر در فولاد :جهت محاسبه مقدار افزودن یک آلیاژ به مذاب جهت رسیدن به درصد مشخص از عنصر مورد نظر می توان از فرمول زیر استفاده کرد :

$$\text{Kg آلیاژ مورد نظر} = \frac{TLS \cdot A}{P \cdot R} \times 100$$

TLS : وزن مذاب تخلیه شده

A : درصد عنصر آلیاژی مورد نیاز که برابر است با حاصل تفریق مقدار موجود عنصر در فولاد و مقدار مورد نیاز.

P : درصد خلوص عنصر در آلیاژ مصرفی

R : درصد بازیابی عنصر آلیاژی



### زمان افزودن فرو آلیاژها

فرو آلیاژها یا مستقیم به کوره اضافه می گردند و یا در حین تخلیه داخل پاتیل اضافه می شوند. فرو آلیاژهای افزودنی به مذاب را بر اساس میل ترکیبی با اکسیژن و سرعت انحلال و سنگینی آنها می توان به سه دسته تقسیم کرد:

الف ) فرو آلیاژهای سنگین تر نسبت به آهن :

این دسته به خاطر انحلال کند و آرام بهتر است در کوره قوس اضافه گردند تا از ایجاد ذوب غیر همگن اجتناب گردد. ب ) فرو آلیاژهایی که میل ترکیبی آنها با اکسیژن زیاد است که نه تنها در کوره قوس اضافه نمی گردند بلکه سعی می شود در آخرین مراحل به پاتیل اضافه گردند مثل فرو وانادیوم . ج ) فرو آلیاژهای معمولی مثل : فروسیلیسیم و فرو منگنز که در چند مرحله در پاتیل و کوره ی پاتیلی اضافه می شوند.

### ضریب سرمایش فرو آلیاژها

هنگامیکه فرو آلیاژها بصورت سرد ( دمای محیط ) به مذاب اضافه می شوند بسته به مثبت یا منفی بودن ضریب سرمایش فرو آلیاژ مورد نظر ، درجه حرارت مذاب به ترتیب افزایش یا کاهش می یابد. عناصری که دارای ضریب سرمایش مثبت هستند عبارتند از : آلومینیوم خالص ، سولفور خالص و فرو سیلیسیم .

# آنالیز مواد اولیه و مصرفی مورد نیاز در کوره های قوس

دانه بندی	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	CaO free	C free	CaC <sub>2</sub>	کاربید کلسیم
4-7mm > 95%	<2.1	<0.7	<14	<1.5	>76	
دانه بندی	S	P	C	Si	Mn	سیلیکو منگنز
20-80mm > 90 % , < 20mm < 10%	<0.03	<0.25	<2.0	>16	>	
دانه بندی	S	P	C	Si	Mn	فرومنگنز پر کربن
20-80mm > 90 % , < 20mm < 10%	<0.02	<0.3	<7.5	<1.2	>78	
دانه بندی	S	P	C	Si	Mn	فرومنگنز کربن متوسط
20-80mm > 90 % , < 20mm < 10%	<0.02	<0.3	<1.5	<1.2	>78	
دانه بندی	S	P	C	Al	Si	فروسیلیسیم
20-80mm > 90 % , < 20mm < 10%	<0.04	<0.05	<0.2	<1.6	>75	
دانه بندی	Fe	Zn	Mg	Cu	Si	آلمینیوم کیسه ای
<5mm < 5 % , 5-15mm > 90 % , > 15mm < 5%	<1	<1	<1	<1	>95	

## آنالیز مواد اولیه و مصرفی مورد نیاز در کوره های قوس

Si	Al	مفتول آلومینیوم
<0.3	>99	
Si	Ca	مفتول CaSi
60-70	30-40	
Fe	Ca	مفتول CaF2
60-70	30-40	

				دانه بندی	MgCo3	Al2O3	Fe2O3	SiO2	CaCo3	سنگ آهک مورد استفاده در کوره آهک پزی
				۲۰-۷۰<۹۰٪ ۰-۲۰>۱۰٪	۱>	۰.۳>	۰.۲>	۱>	٪۹۸.۵-۹۶.۵	
دانسیته	دانه بندی	other	LoI	CaF2	S	Al2O3	SiO2	MgO total	CaO total	آنالیز آهک
1000 kg/m3	6-60mm	۰.۶۳	۲.۷	۰	۰.۰۳	۰.۲۶	٪۰.۹۴	۱۲.۴	٪۸۳.۰۵	

## نقش سرباره سازها در متالورژی ثانویه

سرباره سازها یکی از مهم ترین مواد مورد استفاده در فولادسازی هستند مهم ترین سرباره سازها عبارتند از: آهک ، فلورسپار ، بوکسیت ، کلسیم آلومینات و دو لومیت خواص یک سرباره خوب جهت تصفیه مذاب بستگی به پارامترهای زیر دارد :

### بازیسیته سرباره

بازیسیته سرباره تاثیر عمده ای در جذب عناصر ناخالصی که به عنوان اسید عمل می نمایند دارد. بازیسته ی مناسب در متالورژی ثانویه بین  $3/5^{\circ}$  تا  $3^{\circ}$  می باشد.

### سیالیت سرباره

سرباره با سیالیت خوب این امکان را فراهم می آورد که واکنش های بین مذاب و سرباره که از جمله واکنش های تصفیه هستند بخوبی انجام گردد. با حفظ بازیسیته مناسب یعنی وجود مقدار کافی  $CaO$  و  $SiO_2$  امکان داشتن یک سرباره یا سیالیت مناسب فراهم می گردد. عمولاً ترکیباتی مثل فلورین و بوکسیت جهت روان کردن سرباره بکار می روند که البته روانی بیش از حد سرباره نیز خطراتی از جمله نفوذ بیشتر در نسوز و غیره را به همراه دارد. ترکیباتی نظیر دولومیت نیز باعث افت سیالیت سرباره می گردند.

## نقش سرباره سازها در متالورژی ثانویه

### خاصیت اکسیدی یا احیایی بودن سرباره

عامل مهم در تعیین اینکه یک سرباره اکسیدی یا احیایی است درصد Feo در سرباره است. در انجام عملیات تصفیه؛ اکسیدی بودن و احیایی بودن نقش عمده ای را ایفا می کند. بطوریکه یکی از شرایط اصلی جهت حذف گوگرد احیایی بودن سرباره می باشد. در کوره قوس به علت دمش شدید اکسیژن در مذاب Feo سرباره بالا رفته و شرایط برای حذف گوگرد به میزان زیادی کاهش می یابد.

### ترکیب شیمیایی سرباره

سرباره ی تصفیه گر از اجزاء اصلی سیستم چهار تایی  $\text{Al}_2\text{O}_3 - \text{Mgo} - \text{Sio}_2 - \text{Cao}$  تشکیل شده است. Cao از آهک ،  $\text{Sio}_2$  و  $\text{Al}_2\text{O}_3$  از سرباره ابتدایی کوره و از محصولات اکسیژن زدایی و Mgo از نسوز وارد سرباره می گردد. درصد Mgo در سرباره های تصفیه کننده بین 8% - 6 است.

### دانسیته سرباره

دانسیته سرباره تصفیه کننده می تواند توسط مدل های تجربی محاسبه شود. دانسیته ی هر دو نوع سرباره مورد بحث ( احیایی و اکسیدی ) در رنج دمایی  $1550 - 1700^\circ\text{C}$  در حدود  $2.5 - 2.75 \text{ kg/m}^3$  می باشد.

## مزایای سرباره سازی در کوره پاتیلی

- ❖ افزایش راندمان حرارتی قوس
- ❖ جذب آخالهای ذوب توسط سرباره
- ❖ سولفورزدائی بهتر
- ❖ کاهش خوردگی نسوز خط سرباره پاتیل
- ❖ جلوگیری از اکسیداسیون مجدد آلومینیوم محلول در ذوب
- ❖ افزایش **Yeild**، فروآلیاژها و راحت شدن تنظیم آنالیز شیمیائی
- ❖ تمیز بودن پاتیل بعد از تخلیه ته پاتیل
- ❖ کاهش آلودگی صوتی

## تنظیم دمای ذوب در کوره پاتیلی:

دمای خروج ذوب از LF بر پایه دمای انجماد هر گرید با توجه به فرمول زیر محاسبه می گردد.

$$T_{Exit} = T_{Liq} + S_i + L_i + \Delta T_1 + \Delta T_2 + \Delta T_{Fly \text{ or } first}$$

$T_{Liq}$  = دمای انجماد هر گرید که بر اساس آنالیز شیمیائی آن تعیین می گردد

$S_i$  = Super Heat (میزان فوق که در تاندیش نیاز می باشد)

$L_i$  = افت دما از پاتیل به تاندیش

$\Delta T_1$  = میزان افزایش یا کاهش دمای خروجی بر اساس زمان خروج ذوب تا باز شدن پاتیل در ریخته گری

$\Delta T_2$  = میزان افزایش یا کاهش دمای خروجی LF بر اساس پیش بینی مدت زمان ریخته گری

$\Delta T_{Fly \text{ or } first}$  = میزان افزایش دما جهت ذوبهای اول هر تاندیش

$T_{Liq}$  برای هر گرید مطابق با آنالیز شیمیائی آن گرید و بر اساس فرمول زیر محاسبه می گردد:

$$T_{Liq} = 1358 - [55(\%C) + 80(\%C)^2 + 13(\%Si) + 5(\%Mn) + 30(\%P + \%S) + 4(\%Ni) + 5/1(\%Cr) + 5(\%Cu) + 37(\%Al)]$$

اپراتور LF جهت افزایش دما، بایستی میزان tap ولتاژ ترانس، نوع مواد افزوده شده به ذوب، میزان و وضعیت سرباره پاتیل، چگونگی دمش آرگون در پاتیل و ... را مد نظر قرار دهد.

## خلاصه ای از عملیات کوره پاتیلی :

بعد از اینکه به مدت ۳ دقیقه مذاب را توسط گاز آرگون همزدیم و هموژن کردیم در زمانی که دمای مذاب بالاتر از ۱۶۰۰ درجه است نمونه گیری انجام می شود و میزان آلومینیوم و اکسیژن موجود در مذاب مشخص می شود. اگر دمای مذاب کمتر از ۱۵۵۰ درجه بود با حرارت دادن به مدت ۳ دقیقه آن را به بالای دمای ۱۵۵۰ درجه می رسانیم

زمانی که دمای مذاب بالای ۱۵۵۰ درجه رسید و میزان اکسیژن بالای 10ppm و آلومینیوم کمتر از ۰.۰۳۵ درصد بود با اضافه کردن آلومینیوم اکسیژن زدایی انجام می گردد. (تقریبا به ازای کاهش ۰.۰۱ درصد آلومینیوم 10ppm از میزان اکسیژن کاهش می یابد. همچنین میزان آلومینیوم را نیز باید به حدود ۰.۰۵ درصد رساند.

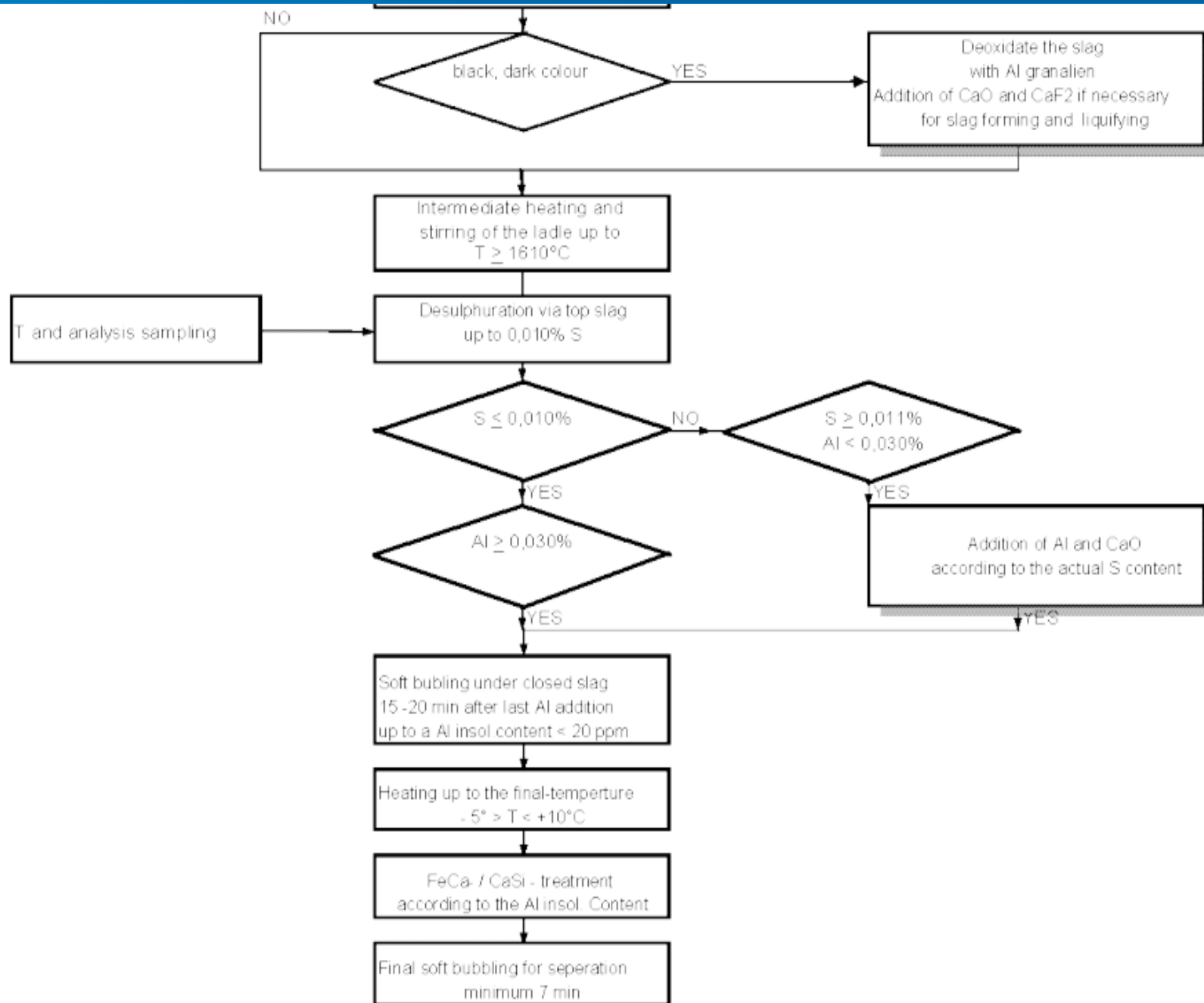
اگر شرایط بالا فراهم شد سرباره را از لحاظ ظاهری چک نموده و آنالیز گرفته می شود. اگر رنگ سرباره تیره و تاریک بود مجددا با اضافه کردن آلومینیوم اکسیژن زدایی صورت می گیرد.  $\text{CaO}$  و  $\text{CaF}_2$  را در صورت نیاز جهت بازی کردن و سیال کردن سرباره اضافه می شود. ولی اگر رنگ سرباره سفید یا سبز روشن بود نیازی به اکسیژن زدایی مجدد نیست.



سپس با همزدن و دما دادن درجه حرارت را به بالای ۱۶۱۰ درجه می رسانیم. مجدد آنالیز و دما گرفته می شود. میزان سولفور را چک می کنیم و اگر میزان آن بیشتر از ۰.۰۱ درصد بود و آلومینیوم کمتر از ۰.۰۳۵ درصد بود با اضافه کردن آلومینیوم و CaO میان گوگرد را کاهش می دهیم.

اگر مقدار گوگرد کمتر از ۰.۰۱ درصد شد و میزان آلومینیوم نیز تنظیم بود به آرامی شروع به دمیدن آرگون به مدت ۱۵-۲۰ دقیقه بعد از اضافه کردن آخرین آلومینیوم انجام می دهیم. تا جاییکه ناخالصی های آلومینیوم به زیر 20ppm برسد.

سپس دما را به دمای نهایی می رسانیم .  $5 < T < 10$  -  
سپس به تناسب میزان ناخالصی های آلومینیوم  $CaSi$  و  $CaF_2$  اضافه می نماییم.  
هفت دقیقه آرام گاز آرگون می دمیم تا ناخالصی ها به آرامی جدا شود و سپس به ریخته گری ارسال می شود.



## میزان تولید به تفکیک دو روش شارژ در سال

Charging Material	100 % DRI	35 % Scrap / 65 % DRI	TOTAL VALUES/YEAR
Production Days	254	46	300
Tapping Weight	120 t	120 t	
Tap-to-Tap	67,5 min	68 min	
Liquid Steel/Year	1.302.000 t	233.000 t	1.540.000 t
Finished Product/Year	1.275.000 t	225.000 t	1.500.000 t
DRI Consumption/Year	1.453.000 t	165.000 t	1.618.000 t
Scrap Consumption/Year	0 t	90.000 t	90.000 t

Scrap Consumption/Year	0 t	90.000 t	90.000 t
DRI Consumption/Year	1.453.000 t	165.000 t	1.618.000 t