فصل چهارم:

فرآیندهای کنورتور اکسیژن دمش از بالا

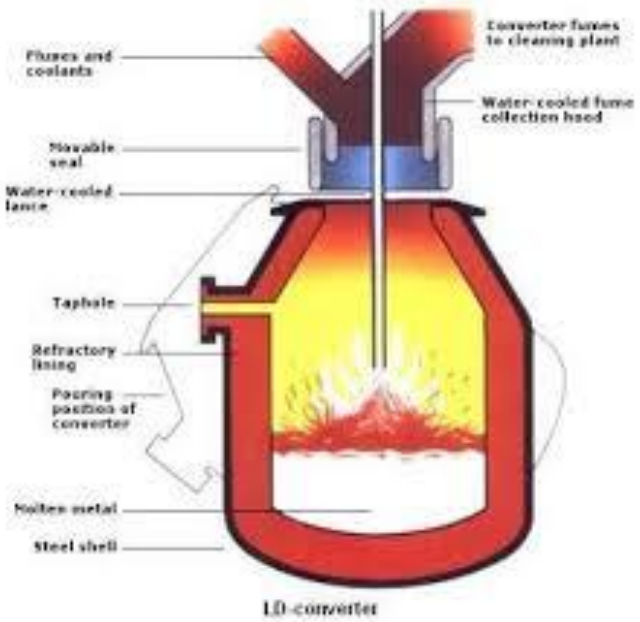
Top Blown Basic Oxygen Convertor Processes

- فرآیند فولادسازی کنورتور اکسیژنی قلیایی دمش از بالا که معمولاً فرآیند LD نامیده می‌شود
- عبارت LD به لینز و دوناویتز از شهرهای استرالیا اشاره دارد (Lins and Donawitz)
- معایب کنورتور بسمر
- معایب کوره اجاق باز
- عنوان فرآیند BOF (کوره اکسیژنی قلیایی) و یا BOP (فرآیند اکسیژنی قلیایی)

Basic Oxygen Furnace (BOF)

Basic Oxygen Process (BOP)

شماتیک کنورتور LD



LD-converter

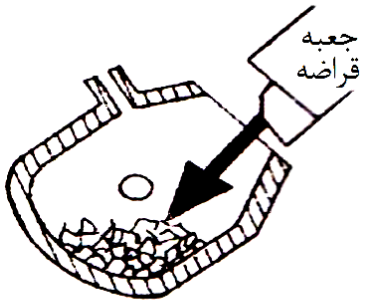
- یک مخزن گلابی شکل
- یک لانس اکسیژن در راستای مرکز آن
- پوسته فولادی با دیرگدازهای قلیایی
- اکسیژن (خلوص ٪۹۹/۹) از طریق یک لانس آبگرد (آب خنک) مجهز به نازل مسی دمیده می‌شود.
- ظرفیت یک کنورتور LD مدرن حدود ۱۰۰ تا ۴۰۰ تن است
- نسبت قطر آن به عمق حمام ۳/۶-۳/۰
- ناحیه سطحی واحد حمام مذاب $0/16m^2$ - ۰/۱۳ در ازای تن فولاد است.

- مواد بار: چدن مذاب، قراضه فولادی، آهک، فلورسپار و غیره
- نسبت چدن مذاب کوره: حدود ٪۱۰۰-۷۰
- مقدار سیلیسیوم باید در چدن مذاب پایین باشد در غیر اینصورت به ناچار مقدار آهک بیشتری برای خنثی‌سازی سیلیسیوم نیاز است.
- بخش زیادی از آهک قبل از شروع دمش اضافه می‌گردد.
- فلورسپار برای تسریع تجزیه آهک و اطمینان از سیالیت مورد نیاز سرباره استفاده می‌شود.
- قراضه فولادی برای سرد کردن حمام به کار می‌رود.
- برای انجام سریع ذوب و جلوگیری از انحراف جت اکسیژن، تکه‌های قراضه فولادی بارگیری شده به مخزن باید در اندازه‌های مناسب باشند.
- خاکه آهن آسیاب شده نیز می‌تواند برای سرد کردن حرارت اضافی حمام در مقدار محدود استفاده شود.

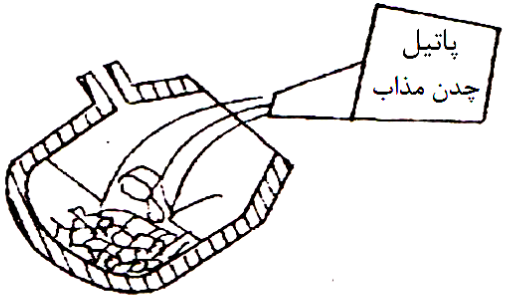
- فسفرزدایی قبل از کربن‌زدایی کامل می‌گردد.
- در ادامه آهک اضافی و فلورسپار بارگیری می‌شود
- برای افزایش کربن موجود به حد مطلوب، مقدار مورد نیازی از ماده کربن‌ده به حمام فولاد کم کربن اضافه می‌گردد.
- برای تولید فولاد کم آلیاژی، عناصر آلیاژی معمولاً به پاتیل و حین تخلیه فولاد اضافه می‌گردند.
- گوگردزدایی عموماً توسط معرف‌های پایه کاربید کلسیم و پایه منیزیم انجام می شود. از طریق تزریق همزمان هر دو نوع این معرف‌ها حتی نتایج بهتری بدست می‌آید.
- اجزای تشکیل دهنده معمول بر پایه کاربید کلسیم: کاربید، سنگ آهک، آهک و کربن
- معرف‌های پایه منیزیم: منیزیم، کاربید و کربن

- فلز نیازمند اکسیژن‌زدایی است
- موادی از جمله فرومنگنز، فروسیلیس و آلومینیوم در حین تخلیه فولاد به پاتیل اضافه می‌شوند.
- عناصر آلیاژی مورد نیاز نیز در پاتیل به حمام اضافه می‌گردند.
- از آنجایی که اکسیژن با خلوص بالا تزریق می‌شود، مقدار نیتروژن نهایی در فولاد LD در حدود ٪۰/۰۰۵-۰/۰۰۳ است.

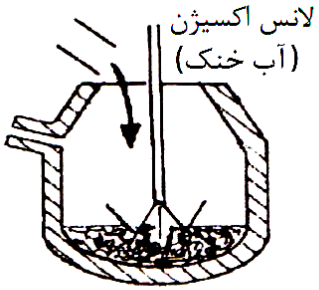
مراحل فولادسازی:



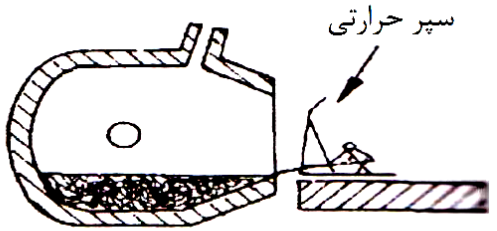
الف) بارگیری قراضه



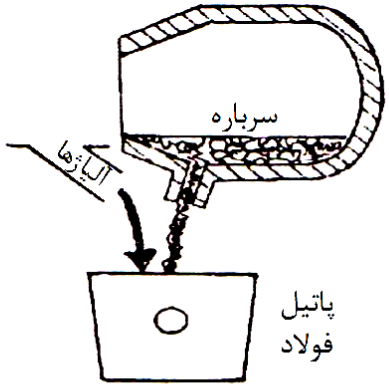
ب) بارگیری چدن مذاب



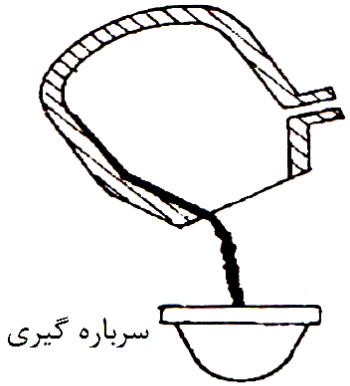
ج) دمش اصلی



د) نمونه گیری



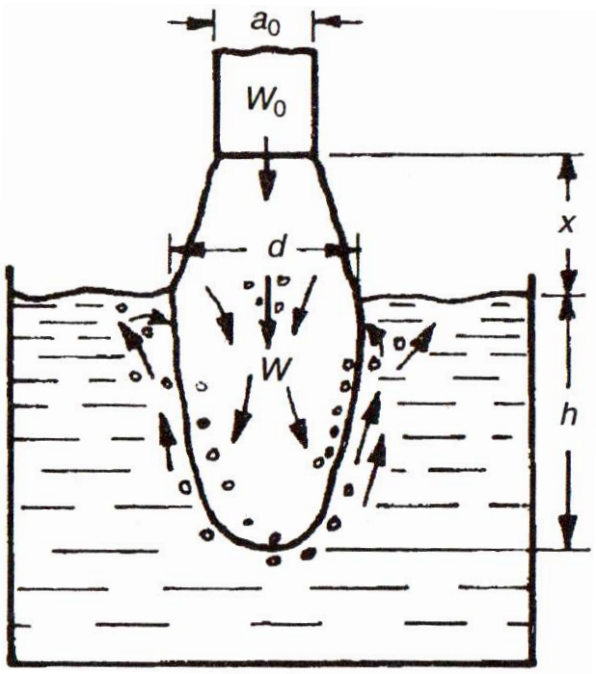
و) تخلیه



ه) سرباره گیری

جت اکسیژن

- دمش اکسیژن با فشار ۱۰atm-۸ از طریق یک نازل
- جت اکسیژن فراصوت است و سرعتی بین ۱/۵ تا ۲/۲ برابر سرعت صوت دارد.
- جت فراصوت با یک هسته فراصوتی که در آن سرعت جت بیشتر از سرعت صوت است معرفی می‌شود.
- با خروج جت از نازل، توسط اتمسفر کنورتور به عقب رانده می‌شود بطوریکه پهنای هسته فراصوت در راستای شعاعی کاهش یافته و سرعت محوری آن نیز به تدریج افت می‌کند تا در فاصله دور از نازل سرعت جت کاملاً فروصوت می‌شود.
- پارامترهای اصلی مؤثر بر طول هسته فراصوت: سرعت دمش، نسبت چگالیهای گاز جت و محیط اطراف



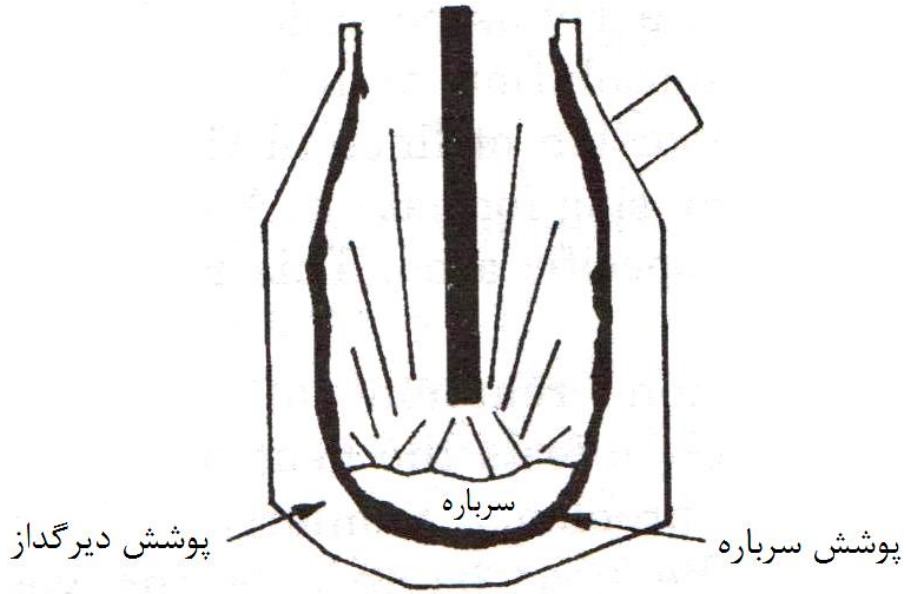
عملکرد دیرگدازها

- پوشش کنورتورهای اکسیژنی: لایه داخلی از منیزیم یا آجر دولومیتی پخته شده (فاصله‌های بین آجرها و پوسته با دولومیت فشرده شده) - لایه دوم میانی مشابه قبلی - لایه‌کاری بیرونی از آجر کربن-منیزیا
- شرایط مؤثر بر عملکرد دیرگداز و عمر پوشش:

اتمسفر کوره - ترکیب سرباره - تنش‌های مکانیکی - شوک حرارتی - تأثیر دمای بالا - هندسه مخزن‌ها - مسیر عملیاتی یا روش دمش - کیفیت چدن مذاب - کیفیت دیرگدازها

فناوری ترشح سرباره

- مقداری از سرباره بعد از تخلیه در مخزن نگهداشته می‌شود.
- سرباره‌ای حاوی مقدار FeO کم و MgO بالا مطلوب می‌باشد.
- از طریق افزودن آهک دولومیتی بعد از تخلیه
- ترشح سرباره با تزریق نیتروژن در یک نرخ جریان و ارتفاع مشخص نازل انجام می-گردد.
- می تواند عمر پوشش کوره را تا تعداد ۸۰۰۰ حرارت دهی افزایش دهد.



آهک برای فولادسازی LD

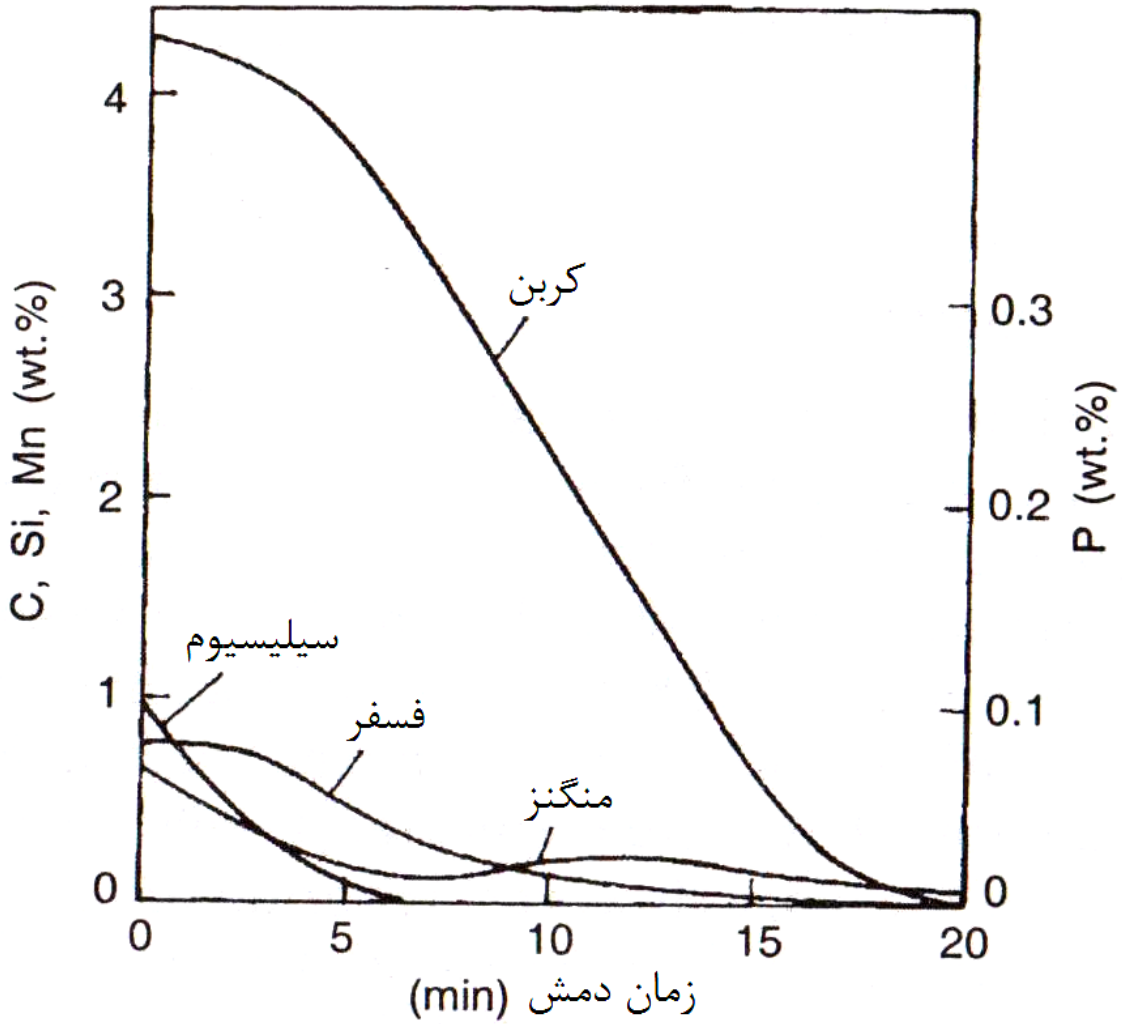
- سرباره قلیایی برای گوگردزدایی و فسفرزدایی
- معیارهای کیفیت آهک:

ترکیب شیمیایی
توزیع اندازه
واکنش‌پذیری
افت اشتعال (احتراق)
مقدار رطوبت

«بازده» و «هزینه»

- تشکیل سرباره در اوایل مرحله دمش نیازمند تجزیه یکنواخت و سریع آهک است.
- واکنش تجزیه حرارتی $CaCO_3$، گرماگیر است و روی موازنه حرارت کنورتور اثر می‌گذارد
- رطوبت موجود در آهک به سبب اتلاف درجه حرارت روی موازنه حرارتی کنورتور اثر می‌گذارد.

واکنش‌ها در کنورتور LD



$$2[Fe] + \{O_2\} = 2(FeO)$$

$$2(FeO) + [Si] = 2Fe + (SiO_2)$$

$$(SiO_2) + 2(FeO) = (2FeO.SiO_2)$$

$$[Mn] + (FeO) = (MnO) + Fe$$

$$2(MnO) + (SiO_2) = (2MnO.SiO_2)$$

$$(2MnO.SiO_2) + 2(CaO) = (2CaO.SiO_2) + 2(MnO)$$

رفتار منگنز: کاهش - افزایش - کاهش

(MnO) تشکیل شده سریعاً با (SiO_2) ترکیب شده و ($2MnO.SiO_2$) شکل می‌گیرد

بازیسیته سرباره به سبب تجزیه آهک افزایش می‌یابد، (MnO) به تدریج آزاد شده و احیا می‌شود:

$$(MnO) + [C] = [Mn] + \{CO\}$$

با کاهش شدت واکنش اکسیژن-کربن در انتهای مرحله دمش، منگنز حمام دوباره اکسید می‌شود.

سرباره اکسید کننده برای گوگردزدایی مناسب نیست.

مقداری از حذف گوگرد در کنورتور LD به سبب ویژگی قلیایی شدید سرباره و دمای بالا حمام (۱۶۸۰-۱۷۰۰°C) رخ دهد.

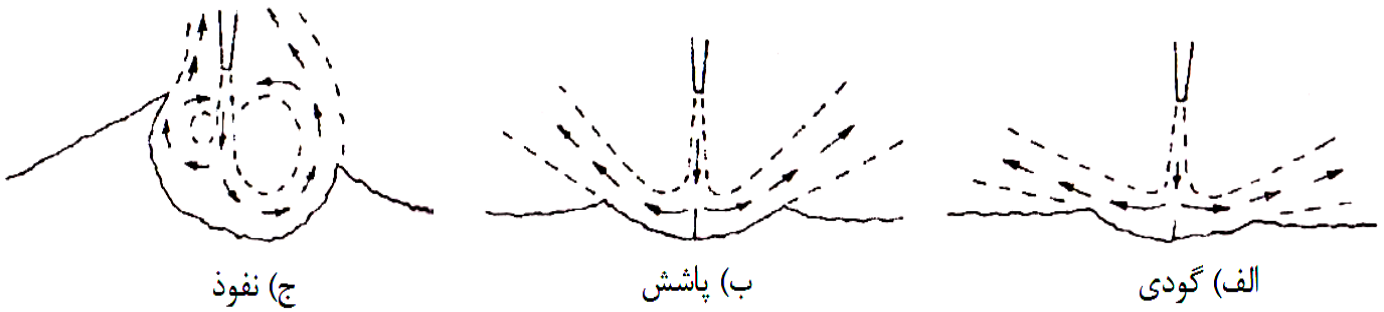
$$(FeS) + (MnO) = (MnS) + (FeO)$$

$$(FeS) + (MgO) = (MgS) + (FeO)$$

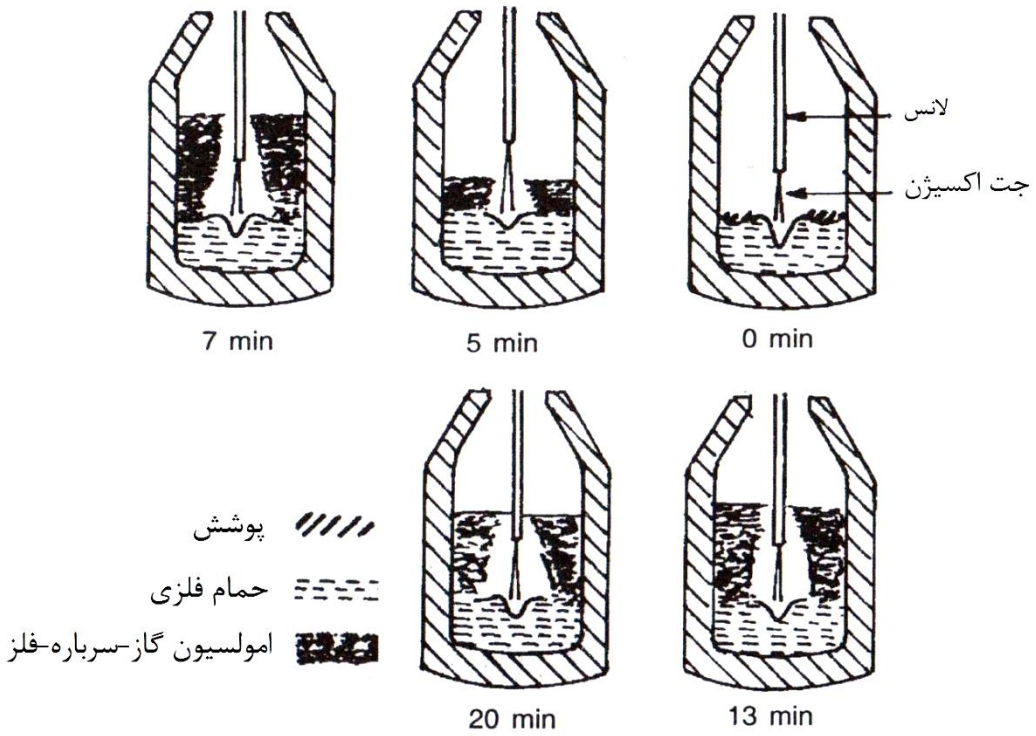
$$(FeS) + (CaO) = (CaS) + (FeO)$$

$$[Mn] + [S] = (MnS)$$

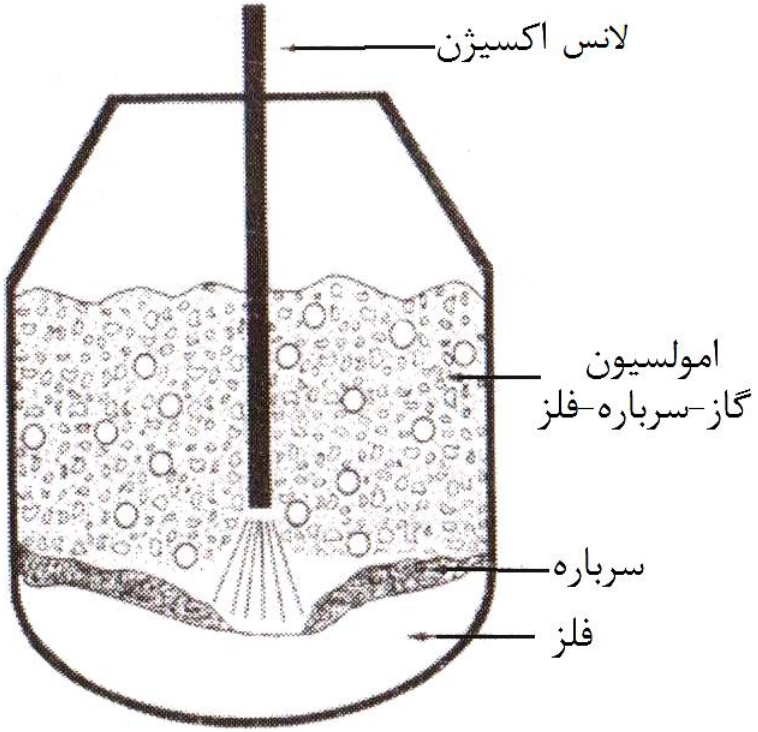
مکانیزم تصفیه



- با افزایش سرعت جت و یا فاصله نقطه نازل از سطح برخورد جت، یک دهانه مجزا شکل گرفته و مذاب پیرامون دهانه بطور قابل ملاحظه‌ای پاشیده می‌شود.
- قطرات فلز پخش شده با سرباره واکنش داده و طی آن حباب‌های گازی در محل تولید می‌گردد.
- این حباب‌ها زمان محدودی برای فرار از لایه و سرباره دارند.
- با تولید پیوسته آنها، تعداد زیادی از حباب‌ها در هر نقطه از سرباره به دام می‌افتد که منجر به تشکیل سرباره پفکی (Foam) می‌گردد.



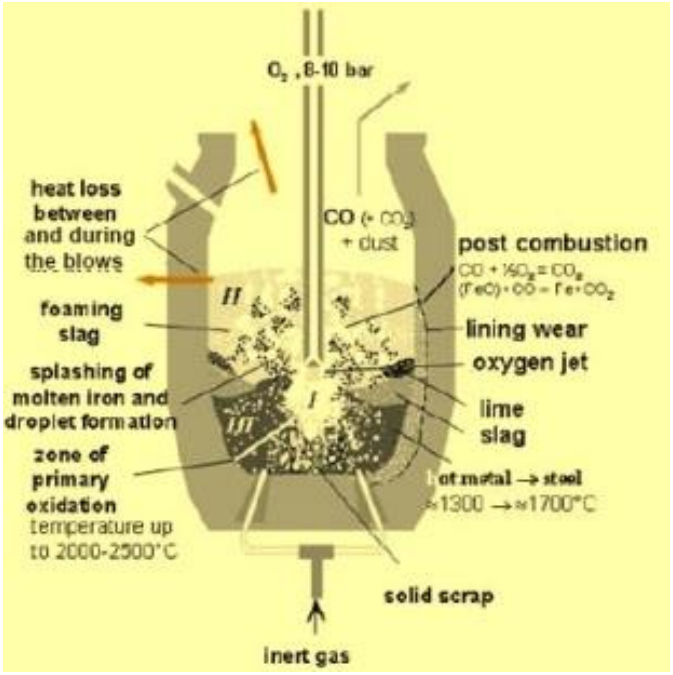
- با تشکیل پفکی و افزایش سطح حمام، لانس بعد از حدود تکمیل ٪۲۵ از دمش در سرباره فرو می‌رود.
- سپس جت به عنوان یک پمپ عمل کرده و به تولید سرباره پفکی‌تر کمک می‌کند. ارتفاع سرباره بعد از تکمیل ٪۶۰-۵۰ از دمش به مقدار ماکزیمم می‌رسد.
- نرخ کربن‌زدایی نیز در این مرحله حداکثر خواهد شد.



- تشکیل یک امولسیون سرباره، فلز و گاز
- میلیون‌ها ذره فلزی حاوی کربن با اکسیدها
- آغاز تشکیل امولسیون در سرباره به محض شروع واکنش‌های تصفیه
- مقدار کربن در تک تک قطرات فلز همیشه از کربن حمام فلز کمتر است.

- سیلیسیوم قطره فلز در ابتدا اکسید می‌شود.
- سپس حذف کربن آنها آغاز می شود
- دمای سرباره مذاب بعد از ۴-۳ دقیقه از دمش اکسیژن می‌تواند به $1560^{\circ}C$ یا بیشتر برسد.
- دمای حمام مذاب ممکن است در این مرحله حدود $1260-1300^{\circ}C$ باشد.
- همچنان که حجم و سیالیت سرباره مذاب افزایش می‌یابد، حجم قطرات مذاب نیز بیشتر شده و در نهایت، زمانیکه نرخ تأمین اکسیژن دقیقاً با نرخ حذف کربن از قطرات حاوی آهن در سرباره برابر می‌شود یک تعادل حاصل می گردد.
- با کاهش حجم CO تولید شده، امولسیون خود به خود متلاشی می‌گردد.

فرآیند تلاطم حمام (BAP)– دمش ترکیبی

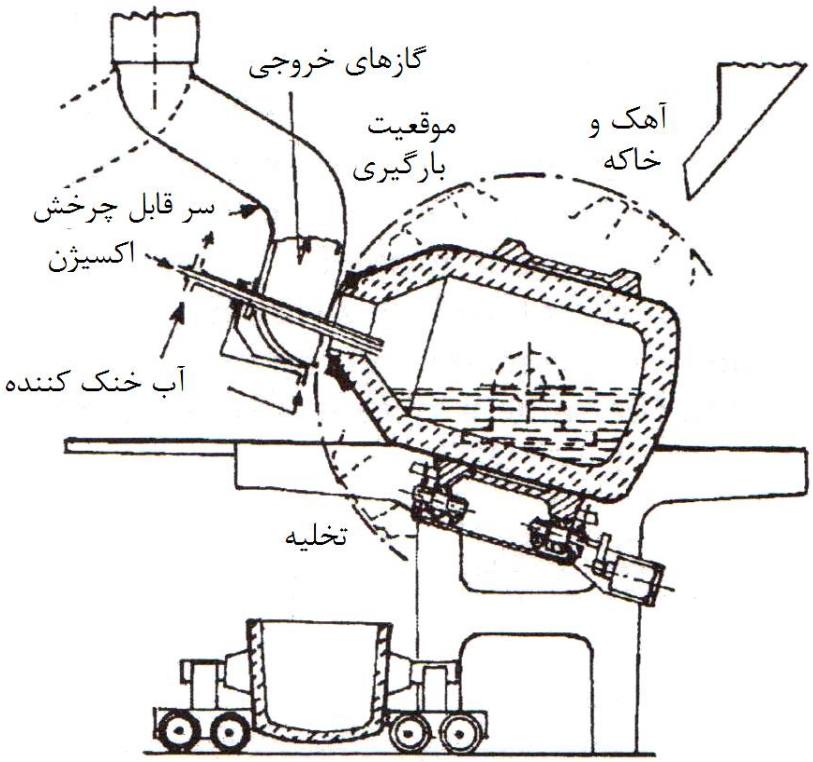


- وجود ناهمگنی دما و ترکیب درون حمام بویژه در حضور حجم زیادی از قراضه جامد
- در پایان مرحله اولیه دمش، اختلاط سرباره خیلی اکسیدی با دمای بالا و فلز پرکربن می‌تواند سبب ماسیدن و اتلاف عملکرد فلزی باشد.
- اختلاط نامناسب حمام منجر به بالا رفتن مقدار اکسیژن فاز فلزی در مقدار مشخص کربن معلوم در فولادسازی دمش از بالا می‌شود.
- دمش ترکیبی: گاز اضافی از طریق دمنده‌هایی در کف کنورتور وارد می‌شود.
- تزریق یک گاز همزن نسبتاً خنثی از طریق دمنده در حین فرآیند مرسوم دمش از بالای اکسیژن

اهداف:

- اختلاط بهتر سرباره و فلز مذاب در همه مراحل دمش،
- مسیر روان‌تر و قابل پیش‌بینی‌تر حذف کربن در حین مرحله اصلی کربن‌زدایی با اتلاف گاز کمتر.
- اختلاط بهتر سرباره و فلز در پایان دمش، در نتیجه کاهش اتلاف اکسید آهن سرباره در مقادیر بالای کربن و بنابراین افزایش مقدار محصول آهن.
- تصفیه روان‌تر و پایدارتر محدوده گسترده‌ای از مقدار سیلیسیوم در چدن مذاب.

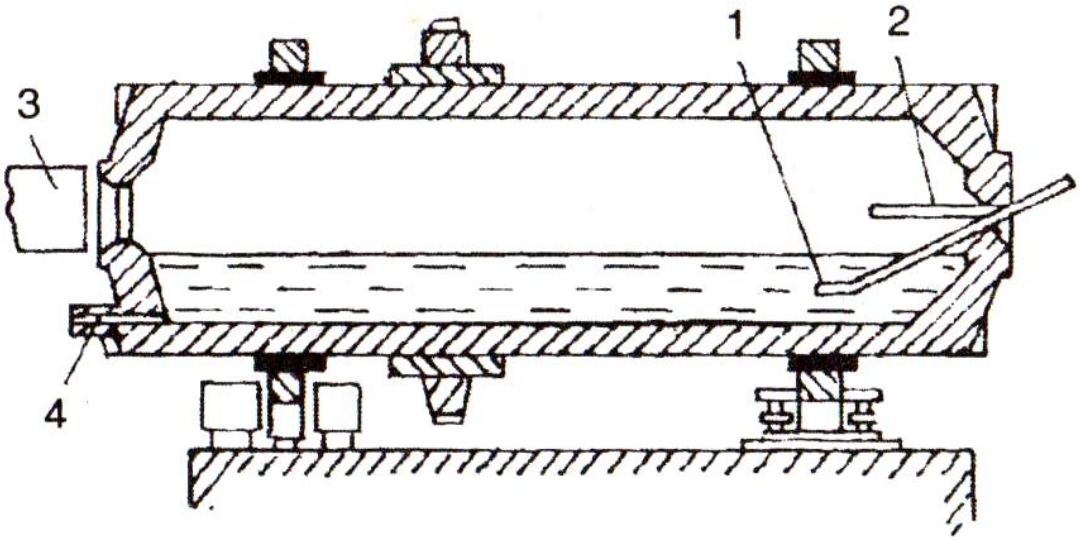
فرآیند کالدو (KALDO)



- یک کنورتور گردان برای تولید فولاد با کیفیت از چدن مذاب فسفر بالا
- فرآیند توسط پروفسور بو-کالینگ توسعه یافت و با عنوان فرآیند کالدو شناخته می-شود.
- بخش زیادی از حرارت اضافی تولید شده در فرآیند برای احیاء مستقیم آهن از خاکه مصرف می‌شود.
- بیشتر خاکه و آهک قبل از بارگیری چدن مذاب اضافه می‌گردند.
- افزودن بیشتر، بعد از هر بار خارج کردن سرباره فسفر بالا انجام می‌شود.

فرآیند روتور

- یک فرآیند فولادسازی با کوره اکسیژنی قلیایی
- این فرآیند کاربرد خیلی محدودی برای پردازش آهن خام فسفر بالا دارد.
- یک مخزن استوانه‌ای است که حول محور افقی خود با سرعت ۰/۱-۴/۰rpm می‌چرخد.
- برای بارگیری و تخلیه از طریق درهای ورودی تعبیه شده در هر دو انتها، مخزن قابلیت چرخش دارد.
- اکسیژن از طریق لانس معروف به لانس اصلی به داخل حمام دمیده می‌شود.
- لانس ثانویه در بالای حمام قرار گرفته است. اکسیژن خالص یا مخلوط اکسیژن+هوا تهیه می‌شود تا به واسطه آن منوکسید کربن خروجی از حمام به دی‌اکسید کربن بسوزد.



- حرارت تولید شده به طریق انعکاسی منتقل می‌شود و زمانیکه در اثر چرخش مخزن، حمام مذاب در تماس با قسمتی از پوشش دیرگداز گرم شده قرار می‌گیرد حرارت از طریق رسانایی منتقل می‌شود.
- در حین تصفیه یک سرباره اکسیدکننده قلیایی شکل می‌گیرد.
- اولین سرباره حاوی فسفر بالا وقتی که مقدار فسفر در حمام به ٪۰/۱۲-۰/۱ کاهش یابد خارج می‌شود.
- سپس سرباره جدید ساخته شده و تصفیه را ادامه می‌دهد.