



توليد آهن

دکتر محمد احمدی دریاکناری



- ۱- نمره کوییز ۳
- ۲- نمره تحقیق کلاسی و سمینار ۳
- ۳- نمره میان ترم ۴
- ۴- نمره پایان ترم ۱۰



مرجع

جزوه دکتر محمد حلالی، استاد دانشگاه صنعتی شریف
کتاب تولید آهن دکتر سعیدی
برخی سایت های اینترنتی



سمینار

- ۱- روش های تولید آهن و فولاد در آمریکا
- ۲- روش های تولید آهن و فولاد در اروپا
- ۳- روش های تولید آهن و فولاد در چین
- ۴- روش های تولید آهن و فولاد در روسیه
- ۵- بازیافت آهن و فولاد
- ۶- روش های تولید فولاد ضد زنگ
- ۷- روش های بازیافت سرباره های کوره های تولید آهن

https://en.wikipedia.org/wiki/List_of_steel_producers



برنامه درسی

هفته	موضوع
1	مقدمه
2	کانی های آهن و ذخایر آن در جهان
3	آماده سازی خاکه آهن
4	
5	
6	ساختمان کوره بلند
7	مواد ورودی به کوره بلند
8	
9	نحوه کار کوره بلند
10	
11	
12	سایر روشهای تولید آهن و فولاد
13-14	مروری بر مطالب و سمینار

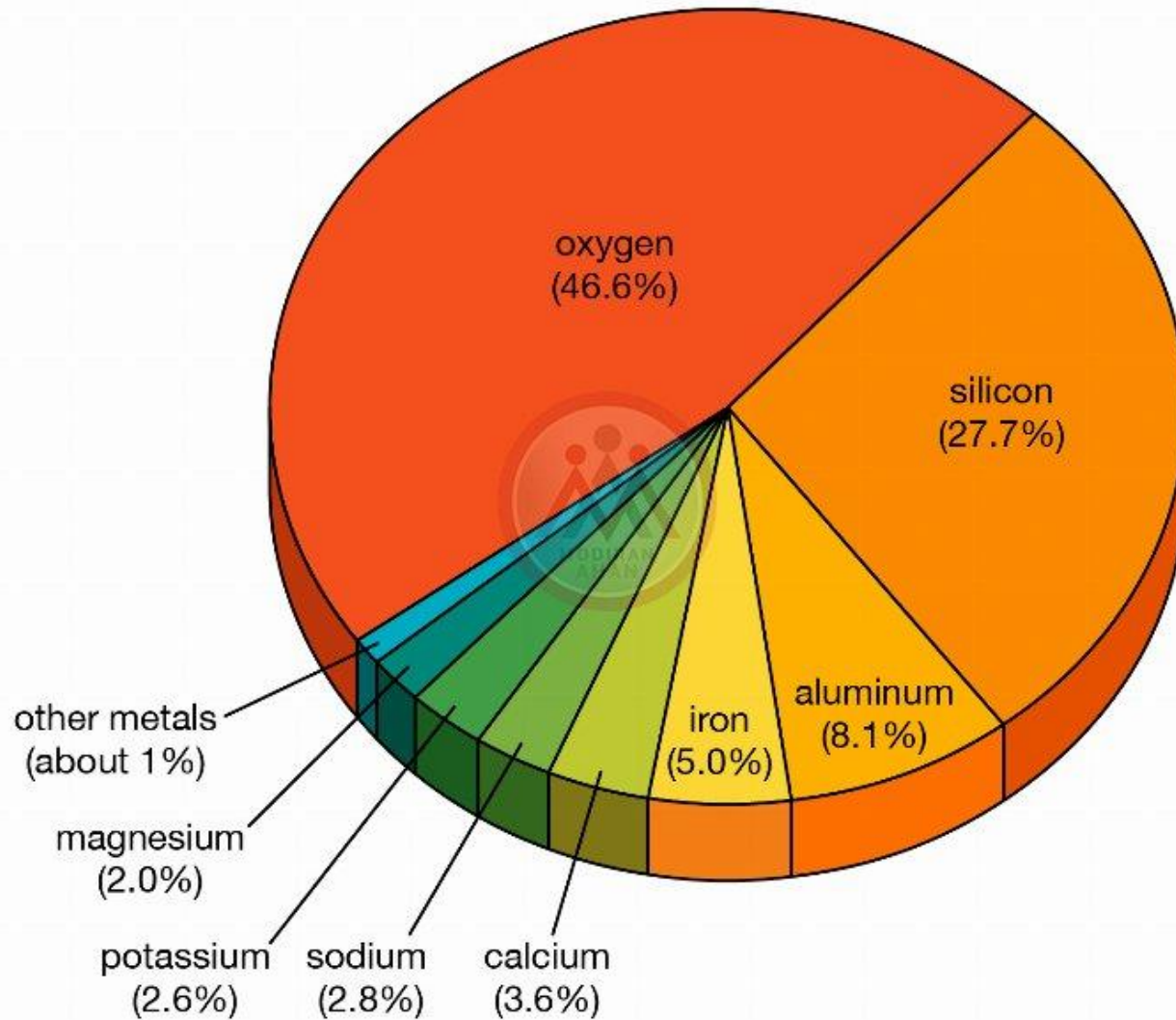


مقدمه

- آهن با علامت اختصاری **Fe** و جرم اتمی ۵۵,۸۶ از نظر فراوانی چهارمین عنصر روی زمین هست.
- آهن در طبیعت به صورت خالص یافت نمی شود و در طبیعت به سرعت زنگ می زند.
- آهن از دمای اتاق تا حدود ۹۱۱ درجه سانتیگراد دارای ساختار **bcc** است و به نام آهن فریت α شناخته می شود در این دما تغییر فاز صورت می گیرد و آهن به صورت آستنیت (γ) با ساختار fcc در می آید. با افزایش دما تا ۱۳۹۱ درجه سانتیگراد مجددا آستنیت به دلتا (**bcc**) تغییر می یابد.



Mineral composition of Earth's crust



- فولاد تأثیر بی‌همتایی در زندگی ما دارد. اتوموبیل‌های ما، ساختمان محل کار و خانه‌ی ما و بسیاری موارد دیگر، همگی مبتنی بر فولاد هستند. از فولاد در جاهای بسیار مهمی استفاده می‌شود. از لوله‌های انتقال گاز گرفته تا خطوط انتقال برق، ادوات ماشینی، اسلحه و بسیاری موارد دیگر. صنایع فولاد با کاربردهای وسیع خود، امکانات زیادی را به زندگی ما آورده است و موجب راحتی و رفاه ما شده است.
- فولاد با فاصله‌ی زیاد، مهم‌ترین و پرکاربردترین ماده در صنعت است. پیشرفت صنعتی انسان بدون فولاد امکان‌پذیر نبود. ستون فقرات بسیاری از صنایع امروز استفاده از فولاد است.



ناخالصی ها در آهن

- ناخالصی های مهمی در آهن یافت می شود عبارتند از:
کربن، سیلیسیم، منگنز، گوگرد، فسفر، کروم و غیره

- برخی ناخالصی ها همانند گوگرد و فسفر اثرات سوئی بر خواص فیزیکی و مکانیکی آهن دارد و معمولاً سعی می شود مقدار آنها در آهن حداقل باشد.

- برخی ناخالصی ها مانند کربن، سیلیسیم، منگنز، کروم بهبود خواص فیزیکی، مکانیکی و شیمیایی آهن می شود.



انواع آهن

- آهن اسفنجی (**Sponge iron**) محصول کارخانه تولید آهن به روش مستقیم است (فولاد مبارکه). خلوص آن بیش از ۹۰ درصد می باشد. این ماده تخلخل زیادی دارد و چگالی آن از چگالی آهن خام کمتر است. به عنوان ماده اولیه فولادسازی بکار برده می شود.
- آهن خام (**pig iron**) محصول کوره بلند است (ذوب آهن). می تواند تا ۷,۵ درصد کربن داشته باشد. سایر ناخالصی های مهم آن عبارتند از: سیلیسیم، منگنز، گوگرد و فسفر



انواع آهن

- شاید قدیمی ترین نوع آهن شناخته شده توسط بشر باشد تا قرن ۱۹ میلادی عمده ترین محصول آهنی بود. در حال حاضر به میزان خیلی کمی تولید می شود.
- این محصول شامل مقادیر بسیار جزئی کربن، منگنز، گوگرد و فسفر است ولی مقدار مقابل توجهی سرباره در آن دیده می شود.
- این محصول مقاومت بالایی در مقابل شوک مکانیکی و ضربه دارد و برای ساختن وسایلی از قبیل پیچ و مهره مهارکننده موتورهای بزرگ، قلاب های جرثقیل و کوپلینگ به کار برده می شود.
- امروزه برای تولید آن آهن خام و سرباره را در کوره ای که دیواره آن از اکسید آهن پوشیده شده، ذوب می کنند. در نتیجه قسمت اعظم کربن اکسید می شود. سایر ناخالصی ها نیز اکسید شده و داخل سرباره می گردد.



- امروزه آهن کار شده در حقیقت از فولاد کم کربن تولید شود. کیفیت این نوع آلیاژ توسط درصد کربن و منگنز پایین مشخص می گردد. (کربن کمتر از ۰/۰۸ درصد و منگنز کمتر از ۰/۰۶ درصد).
- آهن کار شده در مقیاس تجاری تولید نمی شود. برخی از محصولات که به عنوان آهن کار شده توصیف می شوند، عبارتند از نرده های و دروازه ها



انواع آهن

• فولاد

- دارای تقسیم بندی ها و استانداردهای بسیار متنوع است. تعریف های زیادی برای تمایز آهن از فولاد می توان انجام داد. تعداد زیادی از این تعریف ها ملاک را بر ساختار و ترکیب قرار می دهند.
- ساده ترین تعریف ممکن این است که طبق قرارداد آهنی را که کمتر از ۲ درصد وزنی کربن دارد را فولاد بنامیم.

• چدن (cast iron)

- مجموعه ای از آلیاژهای آهن و کربن که کربن آنها معمولا بیش از ۱,۵ درصد هست.
- در این موارد ناخالصی هایی از قبیل سیلیسیم، منگنز، گوگرد و فسفر وجود دارد.
- چدن ها به چهار دسته کلی تقسیم می شود:
- چدن خاکستری - چدن سفید - چدن چکشخوار - چدن داکتیل



- **چدن سفید** - نحوه تشکیل این نوع از آهن آلات به این گونه است که میزان مشخصی از کربن و با قرار گرفتن در یک درجه خنک کنندگی بالا با اتم‌های آهن ترکیب می‌شود تا کاربید آهن را بسازد. این بدین معنی است که هیچ گرافیتی در حالت جامد این محصول وجود ندارد و به دلیل عدم وجود گرافیت آزاد، وقتی چدن سفید شکسته می‌شود مقطع آن به رنگ سفید در می‌آید.
- **چدن مالیل** - این نوع از آهن آلات می‌تواند از چدن سفید توسط یک فرایند حرارتی با برنامه توسعه گرما و سپس سیستم خنک کنندگی تولید شود. در واقع این فرایند باعث آزاد شدن و تجزیه مولکول‌های کربید آهن شده و آرایش گرافیت‌های آن را نامنظم می‌کند.
- **چدن خاکستری** - در چدن خاکستری مولکول‌های گرافیتی به صورت ورقه ورقه قرار دارند و هنگامی که سطح این نوع چدن شکسته می‌شود سطح مقطع آن به رنگ خاکستری در می‌آید. خاصیت ورقه‌ای گرافیت‌ها در چدن خاکستری باعث پایین آمدن مقاومت کششی آن شده است. اما در عوض هدایت کننده بسیار خوبی برای گرما است و قدرت مهار ارتعاش بالایی نیز دارد.
- **چدن داکتیل** - با فرایند افزودن منیزیم به چدن خاکستری تولید می‌شود و خواص منحصر به فرد آن نیز به دلیل وجود منیزیم در ترکیب آن است. حضور منیزیم در ترکیب این نوع از آهن آلات باعث شده است که گرافیت‌ها در چدن داکتیل بر خلاف چدن خاکستری به صورت کروی شکل بگیرند. در طول فرایند تولید این محصول کمی ناخالصی مانند اکسیژن و گوگرد نیز استفاده می‌شود که این دو عنصر با منیزیم واکنش نشان داده و بر شکل گرافیت‌ها تاثیر می‌گذارد. همین امر نیز سبب شده است تا چدن داکتیل دارای انعطاف پذیری بالایی باشد.



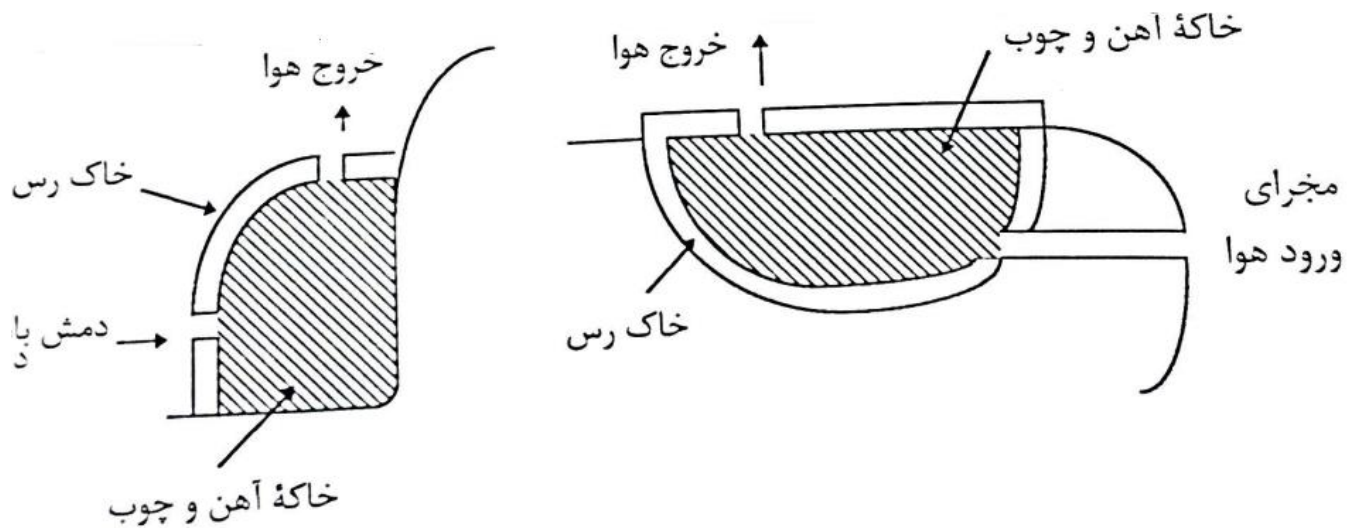
تاریخچه تولید آهن

تولید آهن از چاله ها

- آهن در میان تمدن های قدیمی مثل چین، هند و ایران در روم کاربردهای رزمی و صنعتی زیاد داشته است.
- برای استحصال آهن چاله هایی در زمین مسطح کنده می شد و خاکه آهن به همراه چوب و سایر مواد در آن قرار می گرفت.
- برای رسیدن جریان هوا به این مجموعه، مجراهایی در جهت جریان وزش باد برای آن تعبیه می شد.
- پس از پر کردن چاله آن را توسط گل رس می پوشاندند و سپس آن را آتش می زدند. دمش هوا باعث افزایش دما می شد و در نتیجه آهن احیا میشد.



- شکل های زیر نمای شماتیک برخی از کوره ها را نشان می دهد.



شکل ۱ - ۲ : کوره ساخته شده در دامنه تپه

شکل ۱ - ۱ : چال کنده شده در سطح زمین

خواص آهن به دست آمده از این روش (روش تولید آهن از چاله ها)

- توده گداخته ای که از کوره خارج می شود حاوی آهن با خلوص بالا به همراه سرباره هست.
- جدا کردن آهن از سرباره تا حد مشخصی امکان پذیر هست.
- آهن با خلوص بالا فلز نرم با قابلیت چکش خواری بالایی هستند در حالیکه سرباره در دماهای پایین مانند شیشه شکننده است. در نتیجه این امکان وجود داشته که با چکش زدن و وارد آوردن ضربه به این توده در حال خنک شدن قسمتی از سرباره آن را جدا کرد.
- با قراردادن مجدد توده آهن در کوره و گداخته کردن آن، و سپس چکش کاری مجدد، امکان جدا کردن مقادیر بیشتری سرباره به وجود آمده است.



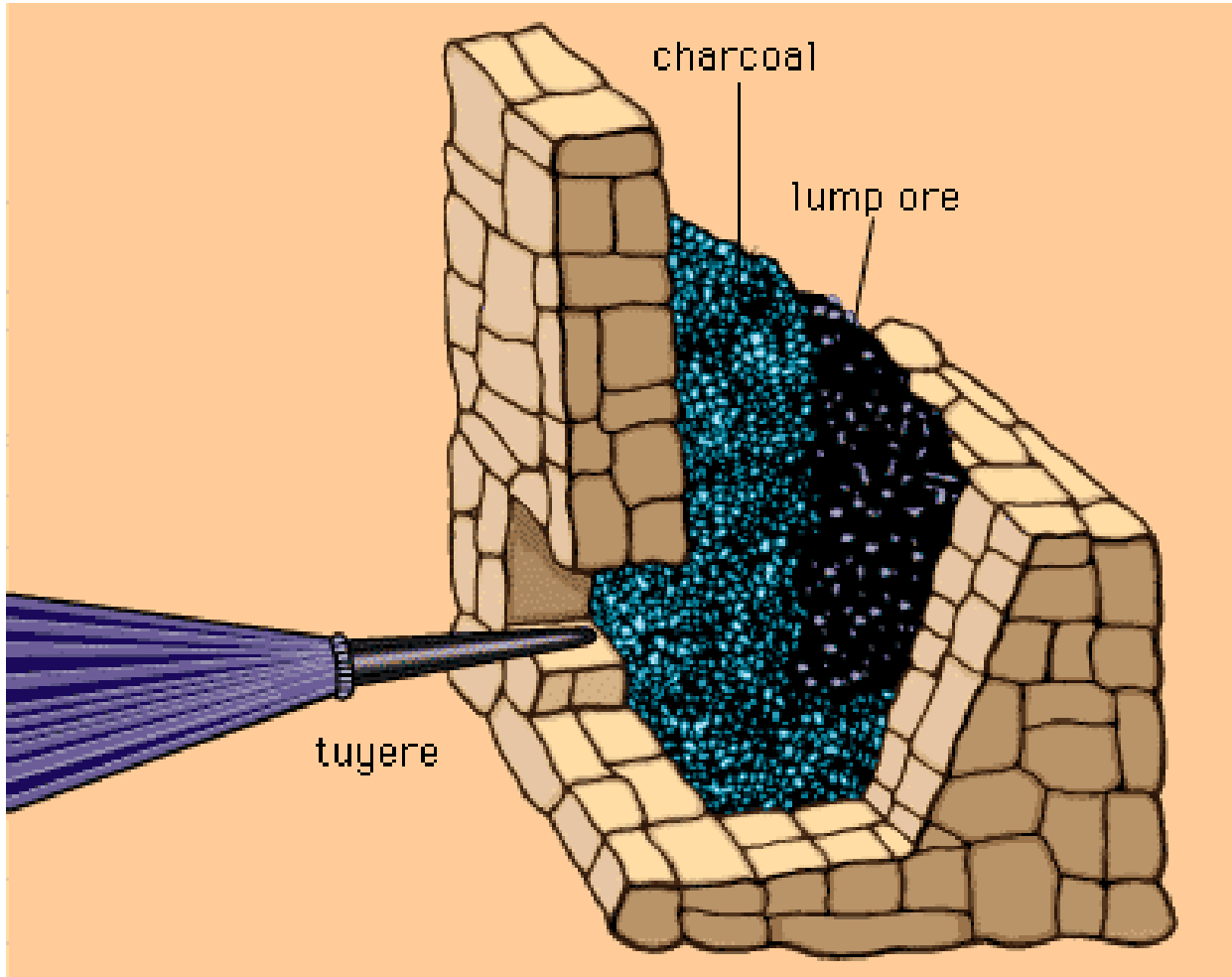
کوره کاتالان

- در قرن سیزدهم میلادی با اختراع کوره (catalan forge) در منطقه کاتالونیا اسپانیا پیشرفت مهمی در صنعت تولید آهن به وجود آمد.
- کوره کاتالان تشکیل شده از یک محفظه استوانه ای شکل به ارتفاع حدود ۱,۲ متر که در پایین آن در فاصله ۳۰ سانتی متری از زمین مجرای جهت دمش هوا وجود داشت.
- دمش هوا به کمک بالش های دمنده صورت می گرفت.
- بدنه کوره از سنگ ساخته شده است.
- شارژ کوره شامل زغال و خاکه آهن بود و این دو ماده به صورت جداگانه به داخل کوره ریخته می شود. عمل احتراق به کمک دمش هوا صورت می گیرد.



- هنگامی که تمام زغال مصرف شد، باقی مانده شارژ به صورت توده گداخته ای حاوی آهن احیا شده و سرباره در پایین کوره جمع می شود.
- این توده از کوره خارج شده، چکش کاری شده تا سرباره آن خارج گردد.

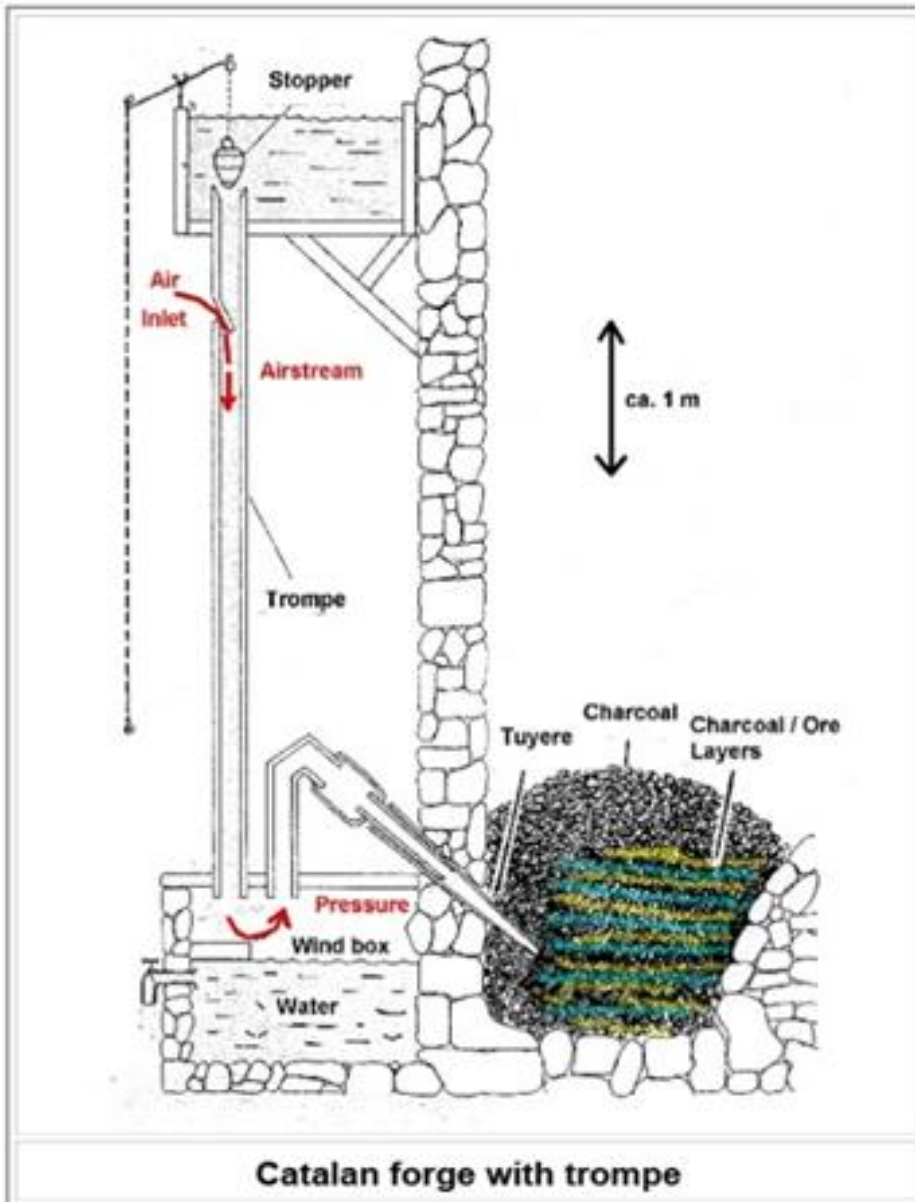




کوره ترومپ

- در اواسط قرن شانزدهم میلادی وسیله ای به نام ترومپ که در ایتالیا اختراع شده بود جای بالش های دمنده را گرفت.
- همان طور که در شکل صفحه بعد نشان داده شده است، اساس کار ترومپ برپایه استفاده از جریان آب جهت به وجود آوردن فشار برای دمش هوا می باشد.



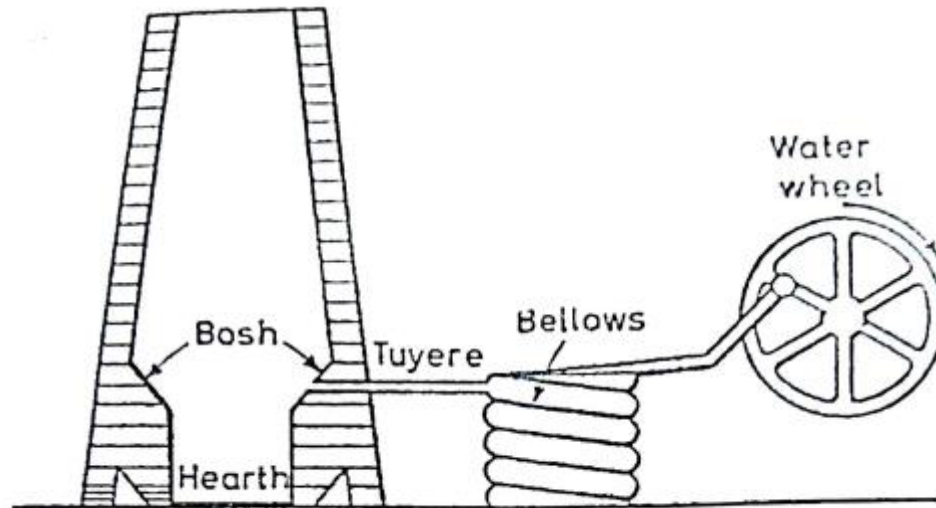


Stuckofen کوره

- بعد از کوره کاتالان، کوره آلمانی **Stuckfen** ساخته شد
- این کوره شباهت زیادی به کوره بلند دارد و در حقیقت می توان این کوره را به عنوان اولین کوره بلند در نظر گرفت.
- ارتفاع این کوره بین ۳ تا ۵ متر بود. دیواره آن سنگی و مقطع آن دایره ای بود.
- با استفاده از روش چرخ آبی، هوا توسط بالش های دمش به داخل کوره دمیده می شود.
- حداکثر تولید این کوره حدود ۵۰ تن آهن در سال بود.
- با استفاده از نرخ دمش بالاتر و زغال بیشتر، دمای این کوره افزایش یافت تا بالاخره این محصول، دیگر توده گداخته همراه با سرباره نبود و فرآورده آن آهن خام بود.



کورہ Stuckofen



Stuckofen کوره

- با توجه به افزایش نیاز به آهن در اروپا طراحی های پس از **Stuckofen** مستلزم استفاده از کوره های بزرگتر و با ارتفاع بیشتر بود.
- اما زغال مورد استفاده در آهن سازی نمی توانست وزن ستون بلندی از سنگ معدن آهن را تحمل کند و در نتیجه خرد می شود و عبور جریان گاز از آن مشکل می شود.
- همچنین استفاده از زغال مستلزم فراوانی و وفور چوب و جنگل بود.
- با افزایش مصرف چوب مقدار آن در کشورهای صنعتی رو به کاهش گذاشت و بهای آن افزایش یافت.
- سوخت جانشین برای آن می تواند زغال سنگ باشد ولی این ماده باعث ورود گوگرد زیاد به آهن و شکننده شدن آن می شود. در ضمن با بالا رفتن دما، زغال سنگ حالت خمیری می گرفت و عبور گاز از میان آن مشکل می شد.



- این مسایل باعث شد که کک متالورژیکی که فراورده ای از زغال سنگ است اختراع شود و در کوره های بلند مورد استفاده قرار بگیرد.
- در فرآیند کک سازی، زغال سنگ را در دماهای بالا (حدود ۱۲۰۰ درجه سانتیگراد) در اتمسفری بدون اکسیژن حرارت می دهند تا مواد فرار از آن خارج گردد. محصول این فرآیند کک می باشد که احیا کننده مناسب برای تولید آهن خام مذاب در کوره های بلند هست.



شرایط امروزه برای تولید آهن در جهان

- امروزه آهن مورد استفاده در صنعت شامل آهن تولیدی به وسیله انواع مختلف روش های استخراج، و انواع قراضه هست.
- در دنیا آهن تولیدی به روش کوره بلند بیش از ۵۰ درصد کل آهن مورد استفاده را به خود اختصاص داده است و بقیه به روش های دیگر تولید می شود.
- فولاد مبارکه اصفهان با تولید بیش از ۱۱ میلیون تن در سال، بزرگ ترین تولیدکننده آهن اسفنجی در جهان محسوب می شود.
- کارخانه ذوب آهن اصفهان با ظرفیت تولید سالانه ۳ میلیون و ۶۰۰ هزار تن آهن و فولاد به روش کوره بلند دارد.

