



• کانی های آهن یا سنگ آهن (منابع آهن)



تعریف

- سنگ آهن یا کانه آهن اصطلاحاً به موادی اطلاق می شود که در مکان و زمان خاص به طور اقتصادی قابل استفاده برای استخراج آهن باشد.
- همچنین عیار آهن، نوع و مقدار ناخالصی ها آن در حدی باشد که امکان استحصال آهن به صورت اقتصادی موجود باشد.
- عوامل متعددی در اقتصادی بودن یک کانسار موثر است و این موضوع عمدتاً به شرایط محلی و دانش فنی که برای استخراج به کار میرود، مربوط می شود.
- مثلاً در فرانسه تا اواسط دهه ۱۹۸۰ میلادی سنگ آهن با عیار کمتر از ۳۰- ۳۵ درصد و در آلاباما از کانی های کمتر از ۳۷ درصد و در دیگر نقاط جهان کانی های کمتر از ۵۰ درصد را کانی اقتصادی نمی دانستند.



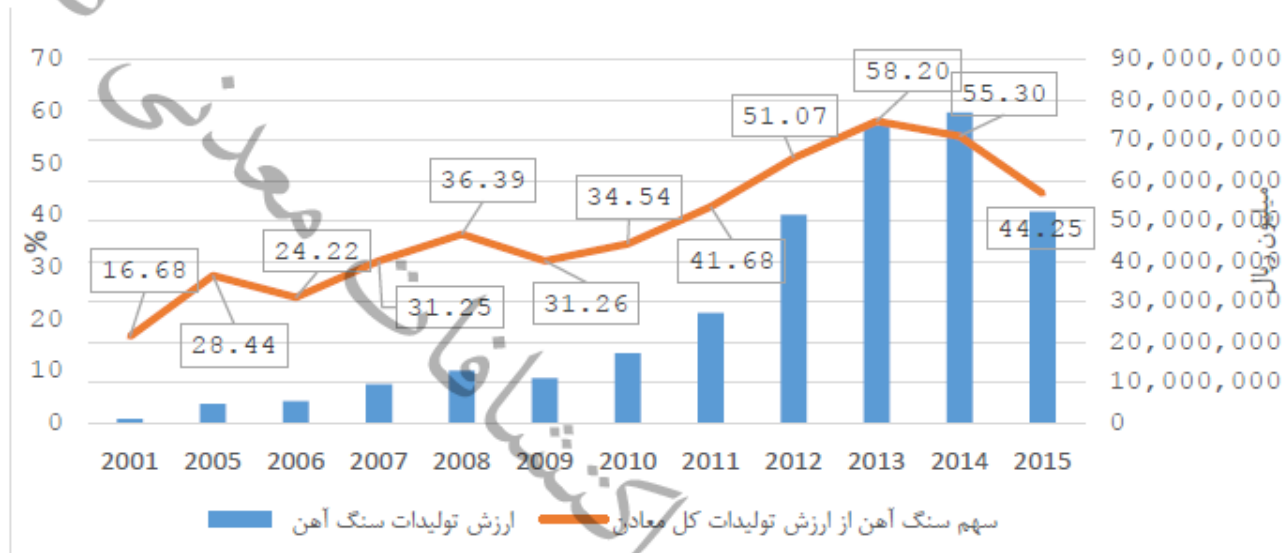
- یکی دیگر از مزایای ایران وجود منابع سنگ آهن است. شکل زیر مناطق دارای آهن در ایران که بر اساس برداشتهای مغناطیس سنجی هواپرد و بررسی های زمین شناسی به دست آمده است را نشان میدهد.



ارزش تولیدات آهن

ارزش تولیدات آهن در ایران از ۹۴۷ میلیارد ریال در سال ۲۰۰۱ به ۵۲۳۴۳ میلیارد ریال در سال ۲۰۱۵ رسیده است (نرخ رشد ۳۳٪). سهم آهن از مجموع ارزش تولیدات معدنی در کشور با نوسانات زیادی روند افزایشی داشته و از ۱۶٫۷ درصد در سال ۲۰۰۱ به ۴۴٫۲ درصد در سال ۲۰۱۵ رسیده است.

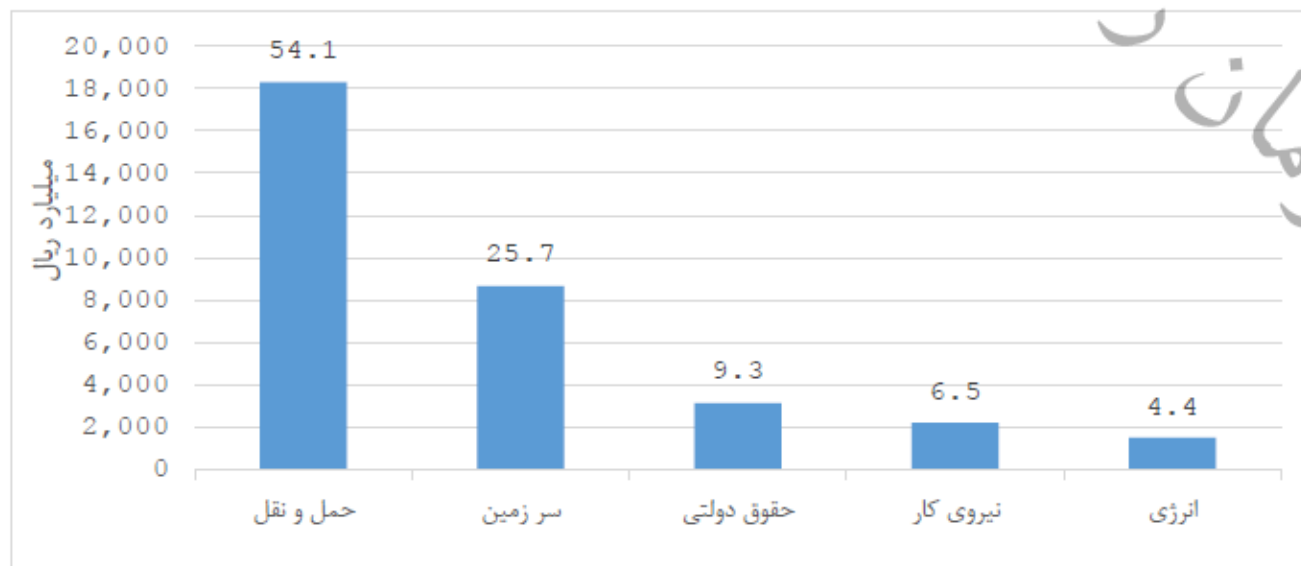
نمودار ۱۰- ارزش تولید و سهم آهن از مجموع ارزش تولیدات معدنی در کشور در بازه زمانی ۱۴ ساله



هزینه های تمام شده

بخش حمل و نقل بوده که رقمی بالغ بر ۱۸ هزار میلیارد ریال معادل با ۵۴ درصد از کل هزینه ها را در بر گرفته است.

نمودار ۱۱- هزینه معادن آهن در ایران به تفکیک بخش های مختلف



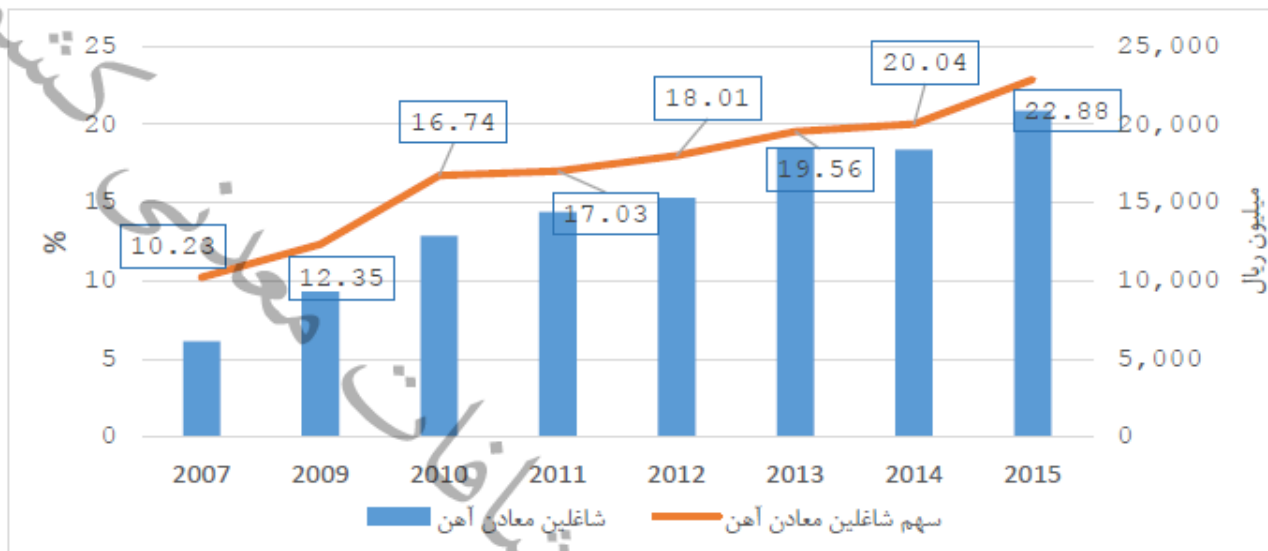
(مرکز آمار ایران، ۲۰۱۵)



اشتغال در معادن آهن

روند اشتغال در معادن آهن در ایران در دوره زمانی ۲۰۰۷ تا ۲۰۱۵ روندی افزایشی بوده و از ۶۱۴۶ نفر به ۲۰۸۷۲ نفر در سال ۲۰۱۵ رسیده است. سهم معادن آهن از اشتغال در بخش معدن نیز در این دوره رشد شتابانی داشته و ۱۰ درصد در سال ۲۰۰۷ به حدود ۲۳ درصد در سال ۲۰۱۵ رسیده است.

نمودار ۱۴- میزان و سهم اشتغال معادن آهن در کشور در سالهای اخیر



(مرکز آمار ایران، ۲۰۱۵)



اهمیت معادن ایران

- ایران دارای حدود ۱/۱ میلیارد تن ذخایر قطعی آهن بوده و در میان استانهای مختلف، اولین رتبه مربوط به **یزد** با ۵۳ درصد ذخیره قطعی بوده و بعد از آن **خراسان و کرمان** بیشتر ذخایر قطعی سنگ آهن را دارند.
- در سال ۲۰۱۱ ایران با داشتن حدود ۴/۵ میلیارد تن ذخایر احتمالی معادن آهن دارای رتبه **یازدهم در جهان بوده و بیشترین ذخایر آهن خاورمیانه را دارا میباشد.**
- ایران دارای موقعیت جغرافیایی مناسب جهت تجارت آهن و فولاد در منطقه و همچنین در جهان میباشد بنابراین اضافه تولید خود را خواهد توانست صادر نماید. فولاد کالایی بسیار سنگین است که هزینه حمل زیادی دارد و باعث افزایش قیمت در کشورهای وارد کننده میشود. موقعیت مکانی خوب ایران در منطقه امکان صادرات با قیمت مناسب را فراهم میکند.
- کشورهای همسایه نظیر عراق، افغانستان، کشورهای آسیای میانه و سایر کشورهای خاورمیانه دارای برنامه های توسعه ای بوده و امکان صادرات به این کشورها وجود دارد



• مهم ترین معادن سنگ کشور

۱- چادرملو

۲- گل گهر

۳- چغارت



• مشخصات معدن چادرملو:

• معدن سنگ آهن چادرملو در قلب کویر مرکزی ایران، در دامنه شمالی کوههای خاکستری رنگ چاه محمد در حاشیه جنوبی نمک زار ساغند بفاصله ۱۸۰ کیلومتری شمالی شرقی شهر یزد و ۳۰۰ کیلومتری جنوب طبس قرار گرفته است.

۱- ذخیره زمین شناسی ۴۰۰ میلیون تن

۲- ذخیره اقتصادی قابل استخراج ۳۲۰ میلیون تن

۳- متوسط عیار $Fe\ 55/2$ درصد

۴- متوسط میزان فسفر ۰/۹۴ درصد

۵- متوسط گوگرد ۰/۱۹ درصد



گل گهر

- در شهرستان سیرجان، ۵۵ کیلومتری جاده سیرجان-نی ریز واقع شده است.
- این شرکت در حال حاضر بزرگترین تولید کننده کنسانتره و گندله ایران است که دارای ظرفیت تولید بیش از ۱۵ میلیون تن کنسانتره و بیش از ۱۰ میلیون تن گندله است. با اجرای پروژه‌های توسعه و بهینه‌سازی خطوط شرکت، مجموع تولیدات سالانه این شرکت به بیش از ۳۰ میلیون تن خواهد رسید.



چغارت

- معدن چغارت، در ۱۰ کیلومتری شمال شرقی شهر بافق، ۱۲۰ کیلومتری جنوب شرقی شهر یزد، ۷۵ کیلومتری جنوب غربی شهر بهاباد و در حاشیه کویر مرکزی ایران واقع شده و دارای آب و هوای گرم و خشک با رطوبت کم است.
- این معدن دارای ذخیره ۱۷۷,۲ میلیون تنی شامل ۱۰۷ میلیون تن سنگ آهن مخصوص **B.F** و ۷۰,۲ میلیون تن سنگ آهن پر فسفر و کم عیار است



- کانی های آهن از نظر ترکیب شیمیایی می توان به گروه هایی شامل اکسیدها، کربنات ها، سیلیکات ها و سولفور تقسیم که مشخصات هر گروه به طور مختصر در جدول زیر آمده است.

ملاحظات	رنگ	سختی (موس)	وزن مخصوص g/cc	درصد آهن در کانی خالص	ترکیب شیمیایی	نوع کانی
خاصیت مغناطیسی قوی	سیاه	۶/۵ - ۵/۵	۵/۳ - ۴/۹	۷۲/۴	Fe_3O_4	مگنتیت
فاقد خاصیت مغناطیسی	قرمز تا قهوه ای	۶ - ۵	۵/۳ - ۵	۷۰	Fe_2O_3	هماتیت
-	زرد تا قهوه ای	۵/۵ - ۴/۵	۴/۴ - ۴	۶۲/۹	$\alpha-FeO(OH)$	گوتیت ^۱
-	زرد تا قهوه ای	۵	۴	۶۲/۹	$\gamma-FeO(OH)$	لیپیدو کروسیت ^۲
-	زرد تا قهوه ای	۴ - ۱	۲/۷ - ۰/۷۵	-	$FeO(OH).nH_2O$	لیمونیت ^۳
-	سیاه	۴ - ۲	۴/۷ - ۴/۲	۵۰ تا ۴۰	-	تورگیت ^۴
-	قهوه ای روشن تا تیره	۴/۵ - ۳/۵	۳/۹ - ۳/۸	۴۳/۸	$FeCO_3$	سیدریت ^۵
-	زرد برنجی تا زرد قهوه ای	۶/۵ - ۶	۵/۲ - ۴/۹	۴۶/۶	FeS_2	پیریت
خاصیت مغناطیسی دارد	زرد برنجی تا زرد قهوه ای	۴	۴/۷ تا ۴/۵	۶۱ تا ۶۰	$Fe_{1-x}S$	پیروتیت ^۶
-	سبز تیره - زرد	۶/۵ - ۶	۴/۳۵ - ۴	۵۵	$2FeO.S_2O_3$	فایالیت ^۷
خاصیت مغناطیسی دارد	خاکستری	۶ تا ۵	۴/۷۲	۳۶/۸	$FeTiO_3$	ایلمنیت ^۸
-	سیاه	۷/۵ - ۵/۵	۴/۸ - ۴	متغیر	$FeCr_2O_6$	کرومیت



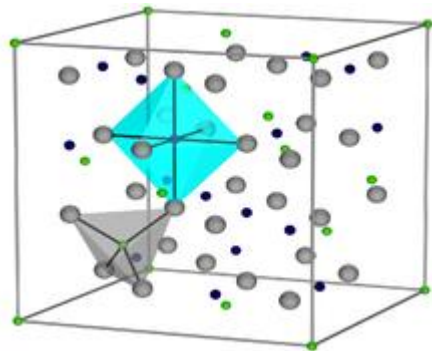
- با توجه به جدول معلوم می شود کانی های دارای آهن بسیار متنوع می باشند.
- بسیار کانی ها ممکن است عیار آهن بالایی داشته باشد اما به علت نوع ترکیب کانی به عنوان ماده اولیه آهن و فولاد قابل مصرف نمی باشد.
- از بین کانی های ذکر شده، کانی های اکسیدی، اکسید های آبدار و سیدریت به عنوان ماده اولیه تولید آهن و فولاد اهمیت دارند.
- در برخی موارد با انجام عملیات تشویه بر روی کانی های سولفیدی آهن و حذف گوگرد، از آنها در تولید آهن و فولاد استفاده می کنند.



مگنتیت

فرمول شیمیایی مگنتیت Fe_3O_4 است و در حالت خالص ۷۲/۳۶٪ آهن و ۲۷/۶۴٪ اکسیژن دارد. رنگ آن از خاکستری تیره تا سیاه تغییر می‌کند و وزن مخصوص آن بین ۵/۱۶ تا ۵/۱۸ می‌باشد. خاصیت مغناطیسی قوی این کانه باعث می‌شود که بتوان آن را به روش جداکننده مغناطیسی از مواد باطله جدا کرد اما با این کار سایر مینرالهای آهن که خاصیت مغناطیسی ندارند (از جمله هماتیت) همراه مواد باطله خارج می‌شوند. مگنتیت دارای شبکه کریستالی مکعبی و بصورت اسپینل با آهن دو و سه ظرفیتی است که فرمول آنرا می‌توان بصورت $FeO \cdot Fe_2O_3$ نوشت

- ساختار اسپینل یکی از ساختارهای سه‌تایی مواد با فرمول عمومی AB_2O_4 است که در آن A و B کاتیون‌های فلزی مختلف هستند. در ساختار اسپینل یون‌های دو ظرفیتی A در حفره‌های چهاروجهی و یون‌های سه ظرفیتی B در حفره‌های هشت‌وجهی قرار دارند.



راه های تشخیص مگنتیت.

- رنگ مگنتیت معمولاً سیاه و یا خاکستری مایل به سیاه است. به طور کلی هرچه رنگ سنگ آهن تیره تر باشد احتمال این که آن سنگ مگنتیت باشد بیشتر است.
- روش دوم شناسایی مگنتیت مربوط به خاصیت مغناطیسی این سنگ آهن است. این خاصیت باعث می شود که بتوان آن را با استفاده از روش های مغناطیسی از سایر مواد جدا کرد.
- سومین روش شناسایی سنگ مگنتیت به سختی در محلول اسید کلریدریک حل می شود و به این ترتیب می توان آن را تشخیص داد



هماتیت

هماتیت فرمول شیمیایی Fe_2O_3 دارد و در حالت خالص ۶۹/۹۴ درصد آهن و ۳۰/۰۶ درصد اکسیژن دارد و رنگ آن ممکن است از خاکستری به قرمز تیره یا قرمز روشن تغییر کند. وزن مخصوص هماتیت ۵/۲۶ گرم بر سانتیمتر مکعب است و ممکن است بصورت کلوخه‌ای و خاکی یا کمپاکت و کریستالی موجود باشد. نوع بسیار خالص این کانه که بصورت خاکی و قرمز رنگ است و بنام گل اخرا خوانده می‌شود در جزیره هرمز در ایران وجود دارد. سنگ معدن هماتیت معمولاً دارای درجه خلوص بالا (۵۰ تا ۶۸ درصد آهن) بوده و عمدتاً همراه با مواد باطله سیلیسی است.



راه های تشخیص هماتیت

- رنگ اصلی هماتیت سیاه مایل به قرمز می باشد.
- در اسید کلردریک حل می شود
- عموماً خاصیت مغناطیسی ندارد



ایلمنیت

اگرچه این کانه بیشتر به عنوان یک منبع تیتانیم دار شناخته می شود ولی می توان آهن آن به عنوان محصول جنبی بازیابی کرد. ایلمنیت خالص به فرمول شیمیایی FeTiO_3 دارای ۳۶/۸ درصد آهن، ۳۱/۵۷٪ درصد تیتانیم و ۳۱/۶۳ درصد اکسیژن است و اغلب مقدار کمی مگنتیت دارد



کانه های آبدار آهن

اکسیدهای آبدار آهن رنگ زرد تا قهوه‌ای دارند و ممکن است خاکی شکل یا کمپاکت باشند. این کانه‌ها از دسته مینرال‌های ثانویه آهن می‌باشند که عمدتاً بر اثر هوازدگی تشکیل شده و همراه با سایر اکسیدهای آهن در سنگهای رسوبی وجود دارند. از این گروه گوتیت و لیمونیت نامی توان نام برد (گاهی لیمونیت به کلیه اکسیدهای آبدار آهن اطلاق می‌شود). گوتیت حاوی ۶۲/۸۵ درصد آهن، ۲۷/۰۱ درصد اکسیژن و ۱۰/۱۴ درصد آب می‌باشد. رنگ آن معمولاً زرد، قهوه‌ای یا گاهی اوقات سیاه است [۶،۳]. گوتیت ساختار بلوری اورتورومبیک دارد و بیشتر همراه با سولفورهای فلزی و کربناتها در طبیعت یافت می‌شود و در کانسارهای آن مقداری گوگرد وجود دارد. لیمونیت آب تبلور بیشتری نسبت به گوتیت دارند و رنگ آنها روشن‌تر است. لیمونیت اغلب دارای مواد باطله سیلیسی و رسی است و ممکن است بین ۳۵ تا ۵۵ درصد آهن داشته باشد.



کانه های کربناتی

کربنات آهن یا سیدریت دارای $48/2$ درصد آهن، $37/99$ درصد دی اکسید کربن و $14/81$ درصد اکسیژن است. وزن مخصوص آن حدود $3/83-3/88$ گرم بر سانتیمتر مکعب و رنگ آن سفید، سبز، خاکستری و یا قهوه‌ای است. سنگ معدن سیدریت مقادیر متنوعی ترکیبات کلسیم، منیزیم و منگنز دارد که این مواد بر ارزش آن می‌افزاید. منابع مهمی از این سنگ معدن در اتریش، فرانسه و اسپانیا وجود دارد. کانه‌های کربناتی آهن را معمولاً قبل از مصرف در کوره بلند، در معدن تکلیس می‌کنند تا گاز دی‌اکسید کربن آن حذف شود و ضمن کاهش وزن و در نتیجه کم شدن مخارج حمل و نقل، احیاء پذیری آن نیز بدلیل ایجاد تخلخل افزایش یابد. این کانه معمولاً به اندازه کافی با خود آهک و ترکیبات منیزیم دارد و در نتیجه یک محصول خود گداز را پس از تکلیس بوجود می‌آورد.



پیریت

پیریت FeS_2 دارای ۴۶/۵ درصد آهن و ۵۳/۵ درصد گوگرد است و زردرنگ می‌باشد. این کانه از مهمترین سولفورهای آهن محسوب می‌شود و ممکن است همراه با مس، نیکل، روی، طلا و نقره باشد. سولفورهای آهن به منظور استخراج گوگرد یا فلزات گرانبهای دیگری که همراه آن است مورد بهره‌برداری قرار می‌گیرد و آهن آن بعنوان یک محصول جنبی پس از تشویه استخراج می‌شود.



ارزش کانه های آهن

• مهم ترین عوامل ارزش کانه های آهن عبارتند از:

۱- عیار کانه آهن

۲- بازیسیته

۳- نوع و مقدار ناخالصی ها

۴- ابعاد سنگ آهن

۵- رطوبت و آب تبلور

۶- قابلیت پرعیارشدن و خرد شدن سنگ آهن



عیار کانه آهن

بطور کلی ارزش کانه‌های آهن را از روی درصد آهن موجود در آن، مقدار و نوع ناخالصی‌ها تعیین می‌کنند. اگر مقدار آهن موجود در کانه کمتر از ۳۰ درصد باشد آنرا کانه فقیر، در محدوده ۳۰-۴۵ درصد، کانه متوسط و اگر آهن موجود در کانه از ۴۵ درصد بیشتر باشد کانه غنی نامیده می‌شود. برای تولید آهن به روش کوره بلند حداقل عیار آهن بایستی ۴۰ درصد باشد (در شرایط خاصی ممکن است از کانه‌های فقیر نیز در کوره بلند استفاده شود). بدیهی است با افزایش عیار کانه آهن، بازدهی کوره بلند افزایش می‌یابد. حداکثر عیار آهن برای مصرف در کوره بلند در حدود ۶۲-۶۳ درصد است و چنانچه عیار از این حد تجاوز کند بعلت کاهش وزن سرباره، تعادل بین مذاب و سرباره در کوره برقرار نشده و عمل تصفیه چدن در داخل کوره بلند مختل در نتیجه چدن تولیدی از کیفیت مطلوبی برخوردار نمی‌باشد.



بازیسته

بطور کلی نسبت مجموع غلظت‌های اکسیدهای بازی به اکسیدهای اسیدی را بازیسته می‌نامند. بازیسته روشی برای تعیین مقدار سنگ آهک یا سایر مواد گدازآور است که به بار کوره بلند اضافه شده تا سرباره‌ای با ترکیب شیمیایی مطلوب برای احیاء سنگ آهن فراهم کند. با افزایش عددی این نسبت، ارزش سنگ آهن نیز بالا می‌رود.



نوع و مقدار ناخالصی ها

ناخالصی های همراه کانه مهم ترین اثر را بر روی قیمت و ارزش کانه دارند. ناخالصی کانه یا کنسانتره به دو دسته مفید و زیان آور تقسیم می شوند. ناخالصی های مفید موادی می باشند که به عملیات کوره بلند کمک می کند و به ارزش چدن تولیدی می افزایند. از جمله این مواد می توان به ترکیبات منگنز و مواد گداز آور مانند آهک، اکسید منیزیم و فلدسپار اشاره کرد. ناخالصی های مضر موادی می باشند که اثر منفی بر روی عملیات کوره بلند دارند یا بر روی کیفیت چدن تولیدی و یا خواص سرباره اثر منفی می گذارند. بعنوان مثال اکسید تیتانیم به دیواره های کوره بلند چسبیده همچنین باعث کاهش سیالیت سرباره می شود. برخی از ناخالصی ها مانند تیتانیم و گوگرد، حتی در مقادیر بسیار کم ارزش کانه های با عیار بالای آهن را تا حد قابل توجهی کاهش می دهند.



رطوبت

رطوبت مهم ترین عامل در ارزیابی کانه آهن است زیرا هم وزن کانه را افزایش می دهد و هم برای بخار شدن آن به انرژی حرارتی نیاز است و از طرفی عیار کانه را کاهش می دهد.



قابلیت پر عیار شدن و خرد شدن سنگ آهن

بدلیل کاهش عیار آهن معادن عملیات کانه آرایبی بر روی بیشتر معادن سنگ آهن انجام می شود لذا قابلیت پر عیار شدن و هزینه های آن در ارزشیابی سنگ معدن موثر است. روشهای فیزیکی و مغناطیسی ارزان تر از روشهای فلوتاسیون است لذا کانی هایی که دارای خاصیت مغناطیسی باشند و یا نوع و توزیع ناخالصیهای آنها طوری باشد که با روشهای فیزیکی قابل جدایش باشند اهمیت زیادتری دارند. خرد کردن سنگ آهن یکی از گران ترین بخشهای عملیات کانه آرایبی است. بیش از ۵۰ درصد هزینه و ۷۰ درصد انرژی مصرفی در هر کارخانه صرف خرد شدن سنگ آهن می شود. سختی سنگ آهن یکی از عوامل مهم در خرد کردن است و هر چقدر سختی بالاتر باشد هزینه خرد کردن بیشتر است.

