

## منگنز (Mn)

منگنز از کلمه لاتین Magnēs (Magnet) گرفته شده است که به خواص مغناطیسی پیرولولوزیت (کانه اصلی منگنز) اشاره می کند. منگنز فلزی است خاکستری مایل به صورتی که در گروه هفتم جدول تناوبی عناصر قرار گرفته و با عدد اتمی ۲۵ دارای وزن اتمی برابر با ۵۴/۹۴ است. نماد این عنصر Mn و وزن مخصوص آن ۷/۴ می باشد و دمای ذوب آن به ۱۲۴۵ درجه سانتی گراد می رسد. این عنصر در طبیعت به صورت خالص تشکیل نمی شود و بیشتر به صورت اکسید، کربنات و سیلیکات وجود دارد. منگنز با فلز کرم در گروه ششم و با فلز آهن در گروه هشتم همسایه بوده و از نقطه نظر شیمیایی شباهتهای زیادی به آن دارد. با این وجود، از نظر خواص متالورژیکی منگنز تفاوتی با آهن و فلزات نزدیک به آن دارد. چرا که آهن، کبالت و نیکل خواص مفید فیزیکی خود را به عنوان یک فلز حفظ کرده و در اکثر آلیاژها به عنوان عنصر پایه عمل می کنند، در حالی که منگنز چنین نیست. توضیح علت این عملکرد منگنز این می تواند باشد که در شرایط عادی ترتیب قرار گیری اتمهای منگنز در ساختمان بلورین آن به گونه ای است که منگنز معمولاً فلزی شکننده و غیر قابل انعطاف و شکل گیری می باشد. اما وقتی که منگنز با آهن (و همچنین با فولاد)، آلومینیوم و سایر فلزات غیر آهنی تشکیل آلیاژ می دهد، باعث بهبود خواص فیزیکی آلیاژ می شود. به خاطر همین خواص منگنز است که اصلی ترین کاربرد منگنز به عنوان یک عنصر آلیاژی است.

خواص فیزیکی: منگنز عنصری با عدد اتمی ۲۵، وزن اتمی ۵۴/۹۳۸۰، دمای ذوب  $1244^{\circ}\text{C}$ ، دمای جوش  $1962^{\circ}\text{C}$  و چگالی  $7.2\text{ g/cm}^3$  است. این عنصر جزو فلزات واسطه بوده و کانی اصلی آن پیرولولوزیت است. مصرف عمده این عنصر در فولادسازی است و در تهیه آلیاژها نیز بکار می رود.

خواص شیمیایی: نماد شیمیایی Mn، Mn(II) و Mn(III) کمپلکس های فراوانی تشکیل می دهند. ترکیبات Mn(II) صورتی کمرنگ هستند. ترکیبات Mn(III) قهوه ای رنگ می باشند. منگنز IV به  $\text{MnO}_2$ ،  $\text{MnF}_4$  و برخی دیگر از کمپلکس ها محدود می شود. خواص زیستی: منگنز فلزی است که به گونه گسترده ای در بافت های بدن گیاهان و جانوران هست. این فلز یک ماده معدنی کمیاب نامیده می شود زیرا به مقدار بسیار کم در بدن انسان یافت می شود. بدن ما کم و بیش نزدیک ۲۰ میلی گرم منگنز، به گونه بزرگ در استخوان ها، اندوخته دارد. منگنز در پایه ریزی بافت همبند چربی و کلسترول، استخوان، عوامل لختگی خون و پروتئین نقش دارد. این ماده همچنین برای عملکرد طبیعی مغز مفید است.

بررسی صادرات منگنز: تقاضای جهانی برای منگنز مستقیماً به نیاز برای فولاد بستگی دارد. امروزه انواع مختلفی از فولادها تولید می‌شود که هر کدام به مقدار معینی از منگنز نیاز دارند. منابع تامین منگنز در فرآیند تولید فولاد متنوع بوده و شامل منگنز در آهن خام و سنگ منگنز نیز میشود. با این حال این دو منبع فقط سهم کوچکی از منگنز مورد نیاز را تامین می‌کنند و بیشتر منگنز مورد نیاز به شکل فرو آلیاژهای منگنز دار در مرحله ذوب و شکل گیری فولاد به آن افزوده می‌شود. مقداری از منگنز ورودی به فرآیند تولید فولاد به دلیل اکسیداسیون تلف میشود. از دهه‌های ۶۰ و ۷۰ میلادی به دلیل جایگزینی روشهای موثرتر تولید فولاد نظیر دمش اکسیژن به جای روش بسمروتوماس، میزان مصرف منگنز رو به کاهش نهاد. چرا که فرآیندهای جدید از نظر جلوگیری از تلفات منگنز بسیار بهتر عمل می‌کنند. امروزه متوسط مصرف واحد منگنز در کشورهای صنعتی در حدود ۵/۵ کیلوگرم بر تن فولاد تولیدی است این مقدار در سالهای ۱۹۸۰، ۶/۵ کیلوگرم و در سال ۱۹۶۰ در حدود ۷ کیلوگرم بوده است. به هر حال به طور کلی و با فرض ثابت بودن میزان مصرف واحد منگنز در تولید فولاد، تقاضا برای منگنز به شدت به تقاضا برای فولاد بستگی دارد. مصرف منگنز در سایر کاربردهایش در مقایسه با این کاربرد آن قابل توجه نبوده و عملاً تغییرات در سایر کاربردها تأثیر چندانی بر میزان تقاضا برای منگنز ندارد. سالها تجارت منگنز به میزان تقاضا توسط شرکتهای صنعتی اروپا، آمریکای شمالی، ژاپن و کشورهای جنوب شرقی آسیا وابسته بوده است در اوایل دهه ۸۰ میلادی وقفه در تولید فولاد منجر به کاهش شدید تقاضا برای منگنز شد. از تولید بیش از ۲۰ میلیون تن کانسنگ منگنز در سال، فقط ۸ میلیون تن وارد بازار تجارت می‌شود. بیش از ۸۵ درصد عرضه منگنز توسط ۴ کشور استرالیا، برزیل، گابن و آفریقای جنوبی تامین می‌شود امروزه بیشتر کشورهای صنعتی منگنز مورد نیاز برای خود را به شکل فرو آلیاژ تامین می‌کنند. کشورهایی نظیر فرانسه، نروژ و اسپانیا بزرگترین صادر کنندگان

فرو آلیاژهای منگنزدار هستند. نوع خاصی از فولادهای غیر مغناطیسی دارای منگنز بالا (بین ۱۰ تا ۱۲ درصد) به مقدار کم برای مصارف ویژه ای نظیر رینگ آلترناتورهای و فولادهای حافظه دار (memory) تولید می‌شوند. فولادهای منگنز دار همچنین شامل فولاد هد فیلد (Hadfield) می‌شود که بیش از ۱۳ درصد منگنز دارد. این فولادها در محلهایی که سختی بالا و مقاومت در برابر سایش مورد نیاز است مصرف دارند کاربردهای این نوع فولادهای در ساخت قطعات سنگ شکنها، نقاط تلاقی و تعویض در خطوط راه آهن، تیغه لودرها و سایر ماشین آلات حمل و نقل است. پس از فولاد، آلومینیوم مهمترین فلز آلیاژی با منگنز است. تولید

سالیانه آلومینیوم بالغ بر ۲۳ میلیون تن می‌شود ولی مقدار کمی از انواع آلیاژهای آلومینیوم دارای منگنز هستند. افزودن منگنز به آلیاژهای آلومینیوم باعث بهبود مقاومت سایشی و خوردگی این آلیاژها می‌شود. نقش منگنز در اینجا، جایگزینی ترکیبات آهن و سیلیس است که به دلیل اختلاف بار الکتریکی با آلومینیوم توسط آلومینیوم احاطه شده و نمی‌توانند در مقابل خوردگی مقاومت کنند. در عوض ترکیب سیلیس - آهن و منگنز اختلاف بار الکتریکی کمی با آلومینیوم داشته و می‌تواند در سطح قرار بگیرد و باعث افزایش مقاومت سایشی بشود. منگنز در آلیاژهای آلومینیوم تا ۱/۵ درصد وزن آلیاژ را تشکیل می‌دهد. این آلیاژها که انواع آلومینیوم - منگنز و یا آلومینیوم - منگنز - منیزیم را شامل می‌شوند. تحت نامهای تجاری مختلفی فروخته می‌شوند و کاربردهایی در ساخت وسایل آشپزخانه، سقفهای فلزی، رادیاتور اتومبیل و صنایع حمل و نقل دارند. بزرگترین بازار مصرف آلیاژهای آلومینیوم - منگنز در تولید قوطی‌های فلزی نوشابه است که سالیانه در حدود ۱۰۰ میلیارد عدد از این قوطی‌ها در جهان ساخته می‌شود. تولید این قوطی‌ها به دلیل امکان بازیافت آنها رو به رشد است. نوع خاصی از آلیاژهای آلومینیوم - منگنز که تا ۹ درصد منگنز در ترکیب خود دارند. دارای خواص ویژه ای هستند. این نوع آلیاژ هنوز بطور اقتصادی تولید نمی‌شود. ولی به دلیل خاصیت سرد شدن سریع آن مورد توجه قرار گرفته اند. فرآیند تولید این آلیاژ گران بوده و در حال حاضر فقط دارای کاربردهایی در تولید مواد ویژه در صنایع هوا فضا هستند.

### ذخایر منگنز

کانسنگهای منگنز از نظر عیار منگنز بصورت زیر تقسیم بندی می‌شوند :

- کانسنگ منگنز ( Manganese Ore ) با منگنز بالاتر از ۳۵ درصد
- کانسنگ منگنز آهن‌دار ( Manganiferous Ore ) با منگنز ۲۰ تا ۳۵ درصد
- کانسنگ منگنز آهنی ( Ferrugenous Manganese Ore ) با منگنز بین ۱۰ تا ۲۰٪
- کانسنگ آهن منگنزدار ( Manganiferous Iron Ore ) با منگنز بین ۵ تا ۱۰ درصد

هر چند ذخائر منگنز ممکن است در طیف وسیعی از شرایط و تشکیلات زمین شناسی از پر کامبرین تا سنوزوییک پیدا شوند، با این وجود ۷۰ درصد ذخائر شناخته شده در تشکیلات زمین شناسی سنوزوییک وجود دارند و ۱۰ درصد نیز در سنگهای کامبرین یافت

می‌شوند. وجود ذخائر مهم منگنز در سنگهای دوران مزوزییک نادر است بجز در مورد ذخائر منطقه گروت آیلنت در کشور استرالیا و مولانگو در کشور مکزیک بزرگترین و اقتصادی ترین ذخائر منگنز از نوع رسوبی بوده و به شکل تقریباً لایه ای و گسترده در سطح یافت میشوند. مثالهای این نوع ذخایر وجود ذخائر غنی منگنز در کشورهای مراکش، نیکوپال اوکراین، چیاتورا گرجستان مورودوارو کم برزیل و ماهاراشتری هندوستان هستند. انواع دیگری از ذخایر منگنز در ارتباط با تشکیلات رسوبی آهنی دوران پر کامبرین یافت شده اند. در این ذخائر منگنز بصورت کربنات و یا اکسید منگنز و معمولاً با عیار کم تمرکز یافته است. مثالهای معروف این نوع ذخائر پست مازبورگ و کورومان در کشور آفریقای جنوبی و ماتوگراس برزیل هستند. نظیر ذخایر لاتریتی آهن، بوکسیت و نیکل، ذخائر بر جای منگنز نیز تحت شرایط مناطق حاره دچار هوازدگی شده و این امر منجر به غنی تر شدن کانسار و تبدیل کانیهای منگنز دار کم عیار به کانیهای پرعیارتری نظیر پیرولولوزیت و کریپتوملان و مانگانیت می‌شود. مثالهای بارز این نوع ذخائر در کشورهای برزیل منطقه آماپا گابن منطقه مداندا، غنا، استرالیا و هندوستان وجود دارند. اداره زمین شناسی آمریکا (USGS) ذخائر منگنز را در گروه ذخائر اقتصادی و پایه منتشر می‌کند. ذخائر اقتصادی شامل ذخائری می‌شوند که استخراج آنها در شرایط فعلی امکان پذیر و اقتصادی می‌باشد. ذخائر پایه شامل مجموعه ذخائر اقتصادی و غیر اقتصادی می‌شود که از نظر عیار، ضخامت و عمق در شرایطی قرار دارند که از نظر فنی قابل معدنکاری هستند. براساس گزارش USGS مجموع ذخایر پایه شناخته شده جهان در حدود ۵۰۰۰ میلیون تن است که برای سالها بدون تغییر باقی مانده است. و ذخیره عمده جدیدی کشف نشده است. از این مقدار استخراج ۶۸۰ میلیون تن آن در شرایط فعلی اقتصادی می‌باشند. ندولهای کف اقیانوسی با توجه به اینکه ذخائر منگنز موجود در خشکی‌ها قادر به تامین نیاز صنایع برای سالهای آتی هستند، به نظر نمی‌رسد که در آینده نزدیک استخراج ذخائر کف اقیانوسی جهت تامین منگنز اقتصادی بشوند. ولی در صورتیکه این ذخائر به منظور دستیابی به مس و یا نیکل آن مورد استخراج قرار گیرند، منگنز و کبالت نیز به عنوان محصولات جانبی می‌توانند تولید بشوند. با توجه به کفایت ذخائر مس و نیکل در خشکی‌ها مشخص نیست که دقیقاً چه زمانی استخراج از ذخائر کف اقیانوسی اقتصادی بشود. با این حال کشورهای آمریکا، چین، هندوستان، ژاپن و روسیه به تحقیقات خود در قالب پروژه‌های بلند مدت در خصوص اکتشاف و امکان پذیری استخراج ذخائر کف اقیانوسی از آبهای بین‌المللی و سواحل خودشان ادامه می‌دهند.

کشورهای افریقای جنوبی، اوکراین، هند، گابون و چین بیشترین میزان ذخایر منگنز دنیا را بخود اختصاص داده اند. کشور افریقای جنوبی با میانگین ذخیره پایه و اقتصادی منگنز ۴۰۰ و ۱۸ میلیارد تن در رتبه اول قرار دارد. کشور اوکراین با میانگین ذخیره پایه و اقتصادی منگنز ۵۲۰ و ۱۴۰ میلیارد تن در رتبه دوم قرار دارد. کشور گابون با میانگین ذخیره پایه و اقتصادی منگنز ۱۶۰ و ۲۰ میلیارد تن در رتبه سوم قرار دارد .

مجموع ذخائر اقتصادی جهان ۹۲ برابر مقدار تولید شده در سال ۱۹۹۸ است. بنابراین در کوتاه مدت هیچ گونه کمبودی از نظر ذخائر منگنز وجود ندارد. منابع منگنز موجود در کشورهای افریقای جنوبی و اوکراین مجموعاً ۷۴ درصد ذخائر اقتصادی و ۸۸ درصد ذخائر پایه جهان را تشکیل می دهند. در عوض بزرگترین مصرف کنندگان که ژاپن، آمریکا و اروپای غربی هستند، تقریباً هیچ ذخیره اقتصادی از منگنز ندارند. منابع منگنز موجود در کشور افریقای جنوبی بزرگترین منابع منگنز در جهان هستند و در حدود ۵۴ درصد ذخائر اقتصادی و ۸۰ درصد ذخایر پایه جهان را در بر می گیرند به علاوه با در نظر گرفتن عیار بالای ذخائر منگنز در کشور افریقای جنوبی و عیار پایین ذخائر کشور اوکراین، افریقای جنوبی بیش از ۸۰ درصد ذخائر اقتصادی با عیار بالای جهان را داراست. بیشتر ذخائر افریقای جنوبی در ایالت کیپ شمالی قرار دارد که در منطقه ای به طول ۱۵۰ کیلومتر گسترده شده است. قسمت شمالی آن در منطقه کالاهاری یک ذخیره رسوبی اقیانوسی است که کانسنگ آن مناسب مصارف متالورژیکی است. بخش جنوبی این ذخیره در منطقه پست ماسبرگ از نوع ذخیره ثانویه غنی شده است که بخش پر عیار آن به دلیل استخراج در حال اتمام است. در حال حاضر تولید اصلی شامل کانسنگ های منگنز آهنگار است. مجموع ذخایر پایه کشورهای عضو اتحادیه شوروی سابق CIS توسط اداره زمین شناسی آمریکا در حدود ۱۴۲ میلیون تن (۲۱ درصد کل ذخایر پایه) و ذخایر اقتصادی نیز برابر ۵۷۰ میلیون تن (۱۱ درصد کل) گزارش شده است. با این وجود اداره اطلاعات معدنی مسکو مجموع ذخائر پایه کشورهای CIS را برابر ۳۱۰۰ میلیون تن برآورد کرده است. براساس این گزارش، کشور اوکراین ۷۵ درصد کل ذخائر این منطقه را داراست. و کشورهای قزاقستان با ۱۳ درصد، گرجستان با ۷ درصد و روسیه با ۵ درصد کل ذخائر جهان در ردیف های بعدی قرار می گیرند. ذخائر منگنز کشورهای عضو اتحاد شوروی سابق عموماً کم عیار بوده و متوسط عیار منگنز در حدود ۲۰ تا ۲۵ درصد می باشد. در کشور اوکراین ۲۵ درصد ذخائر دارای عیار بالاتری بین ۲۷ تا ۳۱ درصد منگنز هستند. مجموع ذخائر منگنز موجود در کشور چین با حدود ۴۰ میلیون تن، ۶ درصد کل ذخائر جهان برآورد شده است. ذخائر کشور چین عموماً کم

عیار بوده و بطور متوسط عیار منگنز ۲۰ تا ۲۵ درصد است. با توجه به عیار نسبتاً کم منگنز و همچنین به دلیل بالا بودن فسفر موجود در سنگ، کشور چین سالیانه مقادیر متنابهی منگنز پر عیار جهت اختلاط و تهیه کانسنگ خام مورد نیاز برای صنایع متالورژیکی خود وارد می‌کند. کانسنگ منگنز ذخائر منطقه موآندا در جنوب شرقی کشور گابن از مرغوب‌ترین انواع ذخائر جهان از نظر عیار منگنز است. عیار منگنز در سنگ بطور متوسط بین ۵۰ تا ۵۳ درصد است. ولی مقدار فسفر و آلومینای آن نیز بیشتر از حد معمول است این ذخائر از نوع ذخائر بر جای غنی شده هستند. مجموع ذخائر اقتصادی کشور گابن در حدود ۴۵ میلیون تن و ذخایر پایه آن در حدود ۱۵۰ میلیون تن برآورد شده است. این ذخائر با فرض ثابت ماندن تولید در سطح فعلی برای بیش از ۱۰۰ سال کفایت می‌کنند. استرالیا با ۲۶ میلیون تن، هند با ۲۴ میلیون تن و برزیل با ۲۱ میلیون تن ذخائر اقتصادی منگنز از دیگر کشورهای دارای ذخائر مهم منگنز هستند. ذخائر منطقه گروت آیلنت استرالیا از نوع رسوبی لاتریتی می‌باشد که کانی‌های اصلی تشکیل دهنده آن کریپتوملان و پیرولوزیت هستند. ذخائر منگنز کشور برزیل در منطقه مارابا در ایالت پارا قرار دارد ذخائر مهم منگنز کشور هندوستان در مناطق ماهاراشترا مدھیپراش ارسیا، آندراپرداش، کارناتاكا و گوا قرار گرفته اند.

#### ذخایر و پتانسیلهای عمده منگنز در ایران:

میزان ذخیره قطعی و احتمالی منگنز ایران در طی دوره (۱۳۷۶-۱۳۸۰) از ۴/۱ میلیون تن در سال ۱۳۷۶ به ۳/۹ میلیون تن در سال ۱۳۷۸ و ۴/۱ میلیون تن در سال ۱۳۸۰ رسیده است.

سال	۱۳۷۶	۱۳۷۷	۱۳۷۸	۱۳۷۹	۱۳۸۰
کشور	ایران	ایران	ایران	ایران	ایران
	۴/۱	۴/۴	۳/۹	۴/۱	۴/۱

منبع: مرکز آمار ایران

جدول ۹ - میزان ذخیره قطعی منگنز در ایران در سال های ۱۳۷۶-۱۳۸۰ (میلیون تن)

اندیس ها و پتانسیل های متعددی از منگنز در کشور وجود دارد که در اکثر نقاط ایران پراکنده شده اند که از آن جمله می توان استان های آذربایجان شرقی، اصفهان، تهران، خراسان، سمنان، فارس، قزوین، قم، مرکزی، یزد و همدان را نام برد. بیش از ۶۱٪ از این ذخایر در استان قم و بیش از ۲۳٪ در استان کرمان واقع شده است.

## روش‌های عمده استخراج منگنز

اکثر کانسارهای با ارزش منگنز، از غنی سازی ثانویه توسط آبهای زیرزمینی و لیچینگ سنگ های رسوبی منگنزدار تشکیل می شوند. به دلیل تنوع کانسارهای منگنز و گستردگی ترکیبات و کانی شناسایی شده در این کانسارها، هیچ یک از روشهای کانه آرایبی به تنهایی کاربرد ندارد. در استخراج کانسنگ منگنز، هم روش استخراج روباز و هم زیر زمینی مورد استفاده قرار می گیرد. در معادن روباز منگنز، معمولاً از ماشین آلاتی نظیر اسکریپر Scripper جهت برداشتن روباره، از بلدوزر جهت پاکسازی و انتقال سنگ شکسته شده در اثر آتشباری و از لودرهای معدنی به منظور بارگیری ماده معدنی و از کامیون جهت حمل استفاده می شود. کانسنگ های منگنز مورد استفاده در صنایع متالورژیکی اکثراً با روشهای مکانیزه استخراج می شود. ولی معدنکاری در مقیاس کوچک به وسیله پیکور و شاول انجام می شود. به عنوان مثال معدن موآندا ( Moanda ) در گابن با تولید سالانه دو میلیون تن با این روش استخراج می شود. دراگ لاین ها (Drogliner) لودرها، بلدوزرها، اکسکاواتورهای هیدرولیکی (Excavators) (Hydraulic) و شاولهای بزرگ، تجهیزات متحرک متداولی هستند که به منظور برداشتن روباره و یا اندازه گیری کانسنگها استخراج در معادن روباز مورد استفاده قرار می گیرند. حوزه نیکوپول (Nikopol) در روسیه و معدن ماماتوان (Mamatwan) در آفریقای جنوبی از اکسکاواتورهای بیل چرخش (Bucket Wheel) برای برداشتن روباره استفاده می شود.

معدن زیر زمینی منگنز به روشهای تخریب بزرگ (بلوکی Block Caving) ، اتاق و پایه Room & Pillar ، کند و آکند اصلاح شده Modified Cut & Fill و یا جبهه کار بلند Long wall استخراج می شوند. به عنوان مثال معدن ایمنی در مراکش و معدن و سلز (Wessele) ، گلوریا (Gloria) و چوانینگ (Nchawaning) در آفریقای جنوبی به روش زیرزمینی استخراج می شوند. ندول های منگنز دار پوسته کف اقیانوسها ذخایر عظیمی از منگنز را تشکیل می دهند ولی به علت مشکلات تکنیکی زیادی در استخراج آنها وجود دارد.

به منظور پر عیار سازی منگنز به دلیل تنوع کانسارهای منگنز و گستردگی ترکیبات و کانی های شناسایی شده در این کانسارها هیچ یکی از روشهای کانه آرایبی به تنهایی و حتی به همراه

مجموعه ای از سایر روشها، در همه کانسارهای منگنز کاربرد ندارد. کانه‌های مورد استفاده در صنایع شیمیایی و باتری سازی به وسیله معدنکاری انتخابی قسمتهای مناسب و یا از معادن نسبتاً کوچکی که فقط برای کانه‌های با کیفیت ویژه ای استخراج می‌شوند به دست می‌آیند. معادن آهن منگنز دار معمولاً با روشهای استخراج کانسارهای آهن بهره برداری می‌شود.

### روش‌های عمده اکتشاف منگنز

اکتشاف و ارزیابی ذخایر منگنز نسبت به بسیاری از مواد معدنی دیگر مشکل تر است. این کانسارها معمولاً کوچک و به صورت پراکنده هستند و روشهای ژئوفیزیکی گران قیمت برای اکتشاف این توده های کانساری مقرون به صرفه نیست. برخلاف روشهای ژئوفیزیکی که در اکتشاف منگنز چندان موفق نیستند، روشهای ژئوشیمیایی به دلیل حلالیت بالای منگنز به عنوان ابزاری مؤثر در پروژه‌های اکتشاف می‌توانند مورد استفاده قرار گیرند. یکی از مشکلات عمده در مراحل اکتشاف منگنز، نگهداری نمونه معرف کانسار برای مراحل ارزیابی و آنالیز است. در گذشته های دور بیشتر حفاری های ضربه ای برای اکتشاف منگنز استفاده می‌شد. امروزه بیشتر از حفاری های چرخشی برای این منظور استفاده می‌شود، اگر چه در این حالت هم باید برای حفظ نمونه معرف دقت کافی شود. اندازه کانسار، غلظت منگنز در کانسار، ناخالصی های همراه و مناسب بودن کانسار از نظر اقتصادی از جمله فاکتورهای مهم در ارزیابی ذخایر منگنز می‌باشند. برای اکتشاف منگنز در خشکی روش منحصر به فردی وجود ندارد پی جویی و اکتشاف منگنز در خشکی بیشتر بر پایه تفسیرهای زمین شناسی ناحیه ای، با علم به این که آهن و منگنز اغلب با هم هستند انجام می‌شود. در گذشته برای نمونه برداری بیشتر از روشهای حفاری ضربه ای استفاده می‌شد که مستلزم دقت فوق العاده ای برای حفظ داده‌های معتبر بودند و در بیشتر موارد داده‌ها صحت حیح نبوده اند. روشهای دورانی تا اندازه ای بهترند، ولی باز برای حفظ نمونه‌ها باید دقت زیادی کرد

هر جا کانسارها دارای اکسیدهای نرم داخل رس باشد می‌توان از روشهای نمونه برداری از خاک استفاده کرد. یکی از مشکلاتی که معمولاً در ارزیابی کانسارهای منگنز پیش می‌آید؛ مسئله اعتبار نمونه‌های برداشتی و امکان تعمیم مشخصات به تمامی کانسار است به عنوان مثال در کانسارهایی که واد یا اکسیدهای نرمتر منگنز حضور دارند ابعاد ذرات کانی سازی شده در سنگ بستر از قطعات بسیار درشت تا ۴۰ میکرون ممکن است متغیر باشد. در عمل هر چه کانسار از سنگهای سخت تری تشکیل شده باشد و همچنین عمیقتر باشد، از نقطه نظر تعمیم دهی نمونه گیری دقت بالاتری وجود دارد. در ارزیابی



اقتصادی یک کانسار منگنز فاکتورهای نظیر ابعاد ذخیره، تمرکز (عیار متوسط) در کانسار، ناخالصی‌های همراه، نوع کانیهای منگنز و قابلیت پرعیار سازی سنگ منگنز باید در نظر گرفته شود برای اکتشاف آزمایشات کانسارهای دریایی تجهیزات و دستگاههای ویژه ای مورد استفاده قرار می‌گیرد.

### روشهای متداول فرآوری منگنز

سنگ استخراجی از معادن ممکن است به علت تفاوت در خواص فیزیکی - شیمیایی کانه های منگنز دار و باطله ها، نیاز به کانه آرایبی و افزایش کیفیت داشته باشد. بدین منظور، روشهای مختلفی اعم از سنگجوری، شستشو، خردایش، انواع روشهای پرعیار سازی ثقلی، روشهای جدایش مغناطیسی، فلوتاسیون، روشهای حرارتی، روشهای آرایشی شیمیایی (هیدرومتالورژی) و حتی بیوشیمیایی در پرعیار سازی سنگ های منگنز کاربرد خواهد داشت. همچنین کلسیناسیون نیز در پرعیار سازی سنگهای کربناته منگنز کاربرد دارد. مواد ریزدانه تر کم عیار، توسط فلوتاسیون پرعیار می‌شوند و روشهای هیدرومتالورژی نیز در مواردی که منگنز همراه دیگر فلزات وجود دارد، مورد استفاده قرار می‌گیرند. به دلیل تنوع و پیچیدگی ساختار کانسارهای منگنز، ناخالصی‌های همراه منگنز از نظر تعداد زیاد و از نظر خواص متفاوت و متغیر هستند. انواع این ناخالصی‌ها به شرح زیر است:

- ۱- ناخالصی‌های فلزی: کانیهای آهن، سرب، روی، نیکل، کبالت، مس، آرسنیک و نقره.
- ۲- ناخالصی‌های غیر فلزی: کانیهای گوگرد و فسفر.
- ۳- باطله: سیلیس، آلومینا، آهک، منیزیم و باریم.
- ۴- مواد فرار: آب، روی، دی اکسید منگنز و مواد آلی.

با توجه به کافی نبودن عیار منگنز در اکثر کانسارهای شناسایی شده در جهان و همچنین نیاز به عیارهای بسیار بالا در بیشتر صنایع مصرف کننده منگنز، بکارگیری روشهای پرعیار سازی برای تغلیظ سنگ استخراج شده از معدن امری اجتناب ناپذیر است. به دلیل تنوع کانسارهای منگنز و گستردگی ترکیبات و کانی‌های شناسایی شده در این کانسارها، هیچ روش منحصر به فرد کانه آرایبی و حتی مجموعه ای از این روشها قابلیت کاربرد در همه کانسارهای منگنز را ندارد.

**سنگجوری:** سنگجوری ساده ترین و ابتدایی ترین روش پرعیار سازی سنگ منگنز است که هنوز در بعضی از معادن کاربرد دارد. کانه‌های منگنز اغلب دارای رنگ تیره

مشخص با جلای فلزی و چرب هستند که تا حد زیادی از کانیهای غیرفلزی باطله همراه که معمولاً رنگهای روشن تری دارند، قابل تشخیص هستند. این روش محدودیت کاربرد داشته و فقط دانه‌های درشت کانه با این روش قابل تفکیک هستند و این امر راندمان را به شدت کاهش داده و در مواردی عملاً بکارگیری این روش را غیر ممکن می‌سازد. شستشوی سنگ استخراجی و یا همراه با خردایش در مواردی می‌تواند عیار سنگ را تا حد قابل ملاحظه‌ای افزایش دهد. قسمت عمده کانسنگ‌های منگنز از نوع کانسارهای رسوبی و برجا که شامل کانیهای اکسیدی هستند، استخراج می‌شوند. با توجه به این که این کانسارها اکثر هوازده بوده و در مناطق لایریتی یافت می‌شوند، اکسیدهای منگنز اغلب به صورت نودول و به صورت متناوب با کانی‌های رسی تشکیل شده‌اند. امروزه نیز در بسیاری از موارد، شستشو به عنوان یک فرآیند برای جداسازی کانیهای رسی و پرعیار سازی منگنز در مراحل اولیه تغلیظ کاربرد دارد. وجود کانیهای رسی و نرمه‌ها همچنین باعث اختلال در مراحل بعدی فرایند تغلیظ شده و باید در مراحل اولیه از چرخه خارج شوند. خردایش سنگ منگنز به طریق معمول انجام شده و شامل سنگ شکن‌های اولیه و ثانویه است که به همراه سرندهای مربوطه مدار خردایش را تشکیل می‌دهند. نکته قابل توجه در خردایش منگنز این است که باید سعی شود تا در تمام مراحل سنگ شکنی و آسیا کردن مواد خرد شده به محض رسیدن به ابعاد مورد نظر از چرخه خارج شوند. این مسئله در مورد کانه‌های منگنز اهمیت بیشتری دارد چرا که معمولاً هنگام خردایش سنگ منگنز قابلیت تولید نرمه زیادی دارد. نمونه‌گیری و تعیین عیار منگنز در کلیه مراحل خردایش و آسیا ضروری بوده و همچنین وجود مخازنی برای ذخیره سازی موقت سنگ

خرد شده می‌تواند به اختلاط و فراهم ساختن محصولی یکنواخت برای مراحل بعدی کمک کند.

همچنین با افزایش هزینه‌های مربوط به بکارگیری نیروی انسانی در کشورهای صنعتی و پیشرفته، امروزه این روش تقریباً منسوخ شده است و شستشوی سنگ استخراجی و یا همراه با خردایش در مواردی می‌تواند عیار سنگ را تا حد قابل ملاحظه‌ای افزایش دهد. در معدن نیکوپل در کشور اوکراین، شستشوی یکی از مراحل فرآیند فرآوری است. در این کارخانه سنگ شکن فکی و یا استوانه‌ای برای خرد کردن مواد تا زیر ۱۰ سانتی متر مرحله اولیه فرایند را تشکیل می‌دهد. کانسنگ خرد شده سپس همراه وارد دستگاه همزن و شستشو که نوعی آسیای تیغه‌ای است شده و در اینجا گلوله‌های رسی همراه منگنز خرد شده و تکه‌های مقاوم در برابر سایش در اندازه‌های مختلف به وسیله سرندهای دیگر از دوغاب رسی جدا می‌شوند.

خردایش سنگ منگنز به طریق معمول انجام شده و شامل سنگ شکن‌های اولیه و ثانویه است که به همراه سرندهای مربوطه مدار خردایش را تشکیل می‌دهند. نکته قابل توجه در خردایش منگنز این است که باید سعی شود تا در تمام مراحل سنگ شکنی و آسیا کردن مواد خرد شده به محض رسیدن به ابعاد مورد نظر از چرخه خارج شوند. این مسئله در مورد خرد کانه‌های منگنز اهمیت بیشتری دارد چرا که معمولاً هنگام خردایش سنگ منگنز قابلیت تولید نرمة زیادی از خود نشان می‌دهد. نمونه‌گیری و تعیین عیار منگنز در کلیه مراحل خردایش و آسیا ضروری بوده و همچنین وجود مخازنی برای ذخیره‌سازی موقت سنگ خرد شده می‌تواند به اختلاط و فراهم ساختن محصولی یکنواخت برای مراحل بعدی کمک کند.

پرعیار سازی سنگ منگنز به روشهای ثقلی: تقریباً تمامی روشهای جداسازی ثقلی اعم از انواع جیگ‌ها، میزهای لرزان، کلاسیفایرها و ماریچ‌ها، واسطه سنگین و غیره در فرآیند پرعیار سازی منگنز کاربرد دارند. با توجه به وزن مخصوص نسبتاً بالای (بالاتر از ۴) کانه‌های منگنز و تفاوت بارز آنها با کانی‌های همراه در صورتی که میزان آزاد بودن و ابعاد دانه‌های کانه و باطله به گونه‌ای باشد که در محدوده کار دستگاههای جداکننده ثقلی قرار گیرند، می‌توان بین ۸۰-۵۰ درصد سنگ ورودی را پرعیار کرد. عیار منگنز در محصول خروجی تا ۴۸ درصد نیز گزارش شده است. جیگ‌های مورد استفاده از انواع مختلف نظیر جیگ دنور Denver، هارتز Hartz و دیافراگمی Diaphragm بوده‌اند که در محدوده دانه‌های درشت‌تر کاربرد دارند. در یک مورد، موادی با ابعاد ۲۵-۳ میلیمتر توسط جیگ‌هایی با سرندهای متحرک با سطح مقطع سرنده برابر ۳-۴ متر مربع با ظرفیت ۲۵ تن در روز پرعیار شده‌اند. عیار محصول ورودی، ۲۴ درصد و محصول پرعیار جیگ ۴۴ درصد و همچنین محصول میانی ۳۰ درصد منگنز داشته است. سیکلونهای واسطه سنگین در محدوده دانه بندی ۲۰-۳ میلیمتر در پرعیار سازی سنگ منگنز کاربرد داشته و موارد زیادی از بکارگیری آنها گزارش شده است. واسطه سنگین مورد استفاده معمولاً وزن مخصوصی در حدود ۳/۵ یا بالاتر داشته و با استفاده از منیتیت و یا فروسیلیس ساخته می‌شود. باطله و یا محصولات میانی جیگ و یا واسطه سنگین پس از خردایش مجدداً

( معمولاً تا زیر ۲ میلیمتر ) و پس از نرمة گیری ممکن است به عنوان محصول ورودی میز لرزان مورد استفاده قرار گیرد. به منظور کاهش در هزینه‌های خردایش و مصرف محلول‌ها در صورتی که فلوتاسیون نیز بخشی از فرآیند فرآوری باشد ضروری است که از قسمت جداسازی ثقلی حداکثر استفاده به عمل آید. بعلاوه روش کار در روش ثقلی ساده

## تـــر و قابـــل کنتـــرل تـــر اســـت .

جداسازی مغناطیسی: به دلیل تفاوت در خواص مغناطیسی کانه‌های منگنز و باطله‌های همراه نظیر کوارتز، کلسیت و رسها روش جداسازی مغناطیسی می‌تواند به طور نسبتاً مؤثری باعث جداسازی و تغلیظ سنگ منگنز گردد. میزان تأثیرپذیری مغناطیسی کانیهای مختلف نشان می‌دهد که اکثر کانیهای اکسیده منگنز از قبیل پیرولوزیت، براونیت و مانگانیت در خانواده کانیهای پارامنیتیک قرار می‌گیرند. این کانیها دارای تأثیر پذیری مغناطیسی نسبتاً ضعیف هستند. از سوی دیگر کانیهای نظیر سیلیس و کلسیت در خانواده کانیهای دیامنیتیک قرار می‌گیرند که شامل کانیهای با تأثیر پذیری مغناطیسی خیلی ضعیف هستند. به عنوان مثال شدت میدان لازم برای مغناطیس کردن کوارتز ۵ برابر براونیت و برای کلسیت ۴ برابر است و البته شدت میدان لازم برای جدایش مؤثر کانیهای منگنز از کوارتز تابعی از ابعاد ذرات نیز می‌باشد. برای کانیهای کربناته با عیار متوسط ۲۶ درصد منگنز، شدت میدان لازم برابر ۴۰۰۰ تا ۷۰۰۰ ارستد Oersted است. با این وجود برای جدایش نرمه‌های مرحله شستشو و محصول خرد شده میانی بخش جداسازی ثقلی تا ۲۰۰۰۰ ارستد شدت میدان لازم است . به هر حال شدت میدان لازم برای یک سنگ به خصوص را حتماً باید توسط آزمایشهای مختلف تعیین کرد و نمی‌توان یک قاعده کلی برای تمام کانی‌های منگنز بیان کرد. جداسازی مغناطیسی معمولاً به تنهایی کارآیی لازم را در مورد سنگ منگنز نداشته و اغلب به عنوان تکمیل کننده بخش جداسازی ثقلی و یا حتی فلوتاسیون می‌تواند بکار گرفته شود که باعث افزایش قابل توجهی در راندمان کل عملیات خواهد شد. براساس مطالعات انجام شده در مورد سنگ معدن نیکوپل در کشور اوکراین، برای جداسازی کانیهای اکسیده منگنز نظیر پیرولوزیت و مانگانیت از کوارتز در محدوده دانه بندی ۱۵-۵ میلیمتر شدت میدان لازم ۱۲۰۰۰ ارستد نیاز بوده است .

فلوتاسیون: روش فلوتاسیون سالهاست که به عنوان یک روش موفق در پریار سازی مواد معدنی کاربرد داشته است. این روش برای کانی‌های سولفور نظیر سرب و روی بسیار موفق عمل کرده است. فلوتاسیون کانی‌های اکسیده به راحتی صورت نمی‌گیرد و اغلب یافتن کلکتور مناسب برای این کانی‌ها و یا یافتن شرایط بهینه با مشکلاتی همراه بوده است. با این وجود زمانی که کانیهای باطله و کانه در حد دانه ریز ( معمولاً کمتر از ۰/۱ میلیمتر ) است و یا در طول فرآیند خردایش و سایر عملیات فرآوری نرمه نسبتاً زیادی تولید می‌شود، بکارگیری روش فلوتاسیون در مورد کانیهای اکسیده نیز توجیه پذیر بوده و می‌تواند به عنوان بخش مهمی از فرآیند پریار سازی مطرح باشد. مطالعات انجام شده

درمورد فلوتاسیون کانیهای منگنز نشان داده است که کلکتورهای آنیونی به ترتیب برای شناور سازی مانگانیت، براونیت، پیرولوزیت و پسیلوملان مؤثر هستند . افزایش زمان آماده سازی، نیروی مکانیکی (بهم زدن پالپ با سرعت بیشتر) و مصرف معرّف هـ\_\_\_\_\_ا\_\_\_\_\_ت\_\_\_\_\_ا\_\_\_\_\_ حد لازم معمولاً باعث بهبود شرایط و افزایش راندمان عملیات فلوتاسیون شده است . یکی از مشخصات کانی‌های منگنز دار ایجاد نرّمه زیاد در هنگام استخراج و فرآوری آنهاست\_\_\_\_\_ت\_\_\_\_\_ . نرّمه گیری در اکثر موارد باعث افزایش عیار منگنز در خوراک اولیه فلوتاسیون نیز خواهد شد\_\_\_\_\_د\_\_\_\_\_ . با توجه به مقدار کلسیت و سیلیس همراه در سنگ منگنز معمولاً سه حالت ممکن است اتفاق بیفتد که این حالتها عبارتند از:

• کانسنگ حاوی مقدار زیادی کلسیت و مقادیر ناچیز از سیلیس است .

• کانسنگ حاوی مقادیر تقریباً قابل توجه کلسیت و سیلیس است .

• کانسنگ حاوی مقدار بسیار کمی کلسیت و مقادیر متنابهی از سیلیس است .

سنگهای نوع اول و دوم نیاز به یک مرحله پیش فلوتاسیون داشته و در این مرحله کلسیت به صورت کف گرفته می‌شود. دلیل اصلی برای جداسازی کلسیت در مرحله اول، تداخل و اختلالی است که کلسیت در هنگام شناور سازی منگنز بوجود می‌آورد که در نهایت این امر منجر به کاهش عیار منگنز در محصول نهایی و کاهش راندمان عملیات می‌شود . رودو کروزیّت که یک کربنات منگنز است نیاز به فلوتاسیون پیچیده ای ندارد. در کارخانه\_\_\_\_\_ه\_\_\_\_\_ آناکوندا\_\_\_\_\_ای آمریک\_\_\_\_\_ا\_\_\_\_\_ا\_\_\_\_\_ روش خاصی بکار گرفته شده که موفق بوده است در این روش ابتدا کانیهای سولفیده توسط روشهای مرسوم شناور سازی جدا شده و سپس رودو کروزیّت توسط صابونهای قلیایی شناور م\_\_\_\_\_ی\_\_\_\_\_ش\_\_\_\_\_ود\_\_\_\_\_ .

طریقه دیگر که در مواردی ممکن است که بهتر عمل کند، بکارگیری فلوتاسیون معکوس است که در آن سیلیکاتها و سولفیدها توسط کلکتورهای کاتیونی شناور شده و منگنز به عنوان ته نشین از مدار خارج می‌شود هزینه فلوتاسیون رودو کروزیّت تقریباً برابر هزینه‌های فلوتاسیون سرب و روی در ظرفیتهای برابر است. مطالعات انجام شده درمورد فلوتاسیون کانیهای منگنز نشان داده است. که کلکتورهای آنیونی به ترتیب برای شناور سازی مانگانیت، براونیت، پیرولوزیت و پسیلوملان مؤثر هستند. افزایش زمان آماده سازی، افزایش نیروی مکانیکی (بهم زدن پالپ با سرعت بیشتر) و افزایش مصرف معرفها تا حد لازم معمولاً باعث بهبود شرایط و افزایش راندمان عملیات فلوتاسیون شده است .

ناخالصیهای منگنز و ضرورت فرآوری آن سنگ استخراجی از معادن ممکن است، نیاز به کانه آرایبی و افزایش کیفیت داشته باشد. به این منظور، روشهای مختلفی اعم از شستشو، ماشین جیگ، میز لرزان، فلوتاسیون مایع سنگین و جداسازی مغناطیسی شدت بالا

معمولاً به کار گرفته می‌شوند. کلسیناسیون در پریار سازی سنگهای کربناته منگنز کاربرد دارد. نرمة هایی که عیار مناسب داشته باشند به صورت کلوخه شده به فروش می‌رسند. مواد ریزدانه تر کم عیار، توسط فلوتاسیون پر عیار می‌شوند. روشهای هیدرومتالورژی نیز در مواردی که منگنز همراه دیگر فلزات وجود دارد ممکن است مورد استفاده قرار گیرند .

### ناخالصی‌های همراه :

به دلیل تنوع و پیچیدگی ساختار کانسارهای منگنز ناخالصی‌های همراه منگنز از نظر تعداد زیاد و از نظر خواص متفاوت و متغیر هستند انواع این ناخالصی‌های به شرح زیر است:

۱- ناخالصی‌های فلزی : کانیهای آهن، سرب، روی، مس، آرسنیک و نقره

۲- ناخالصی‌های غیر فلزی : کانیها گوگرد و فسفر

۳- باطله : سیلیس، آلومینا، آهک، منیزیم و باریم

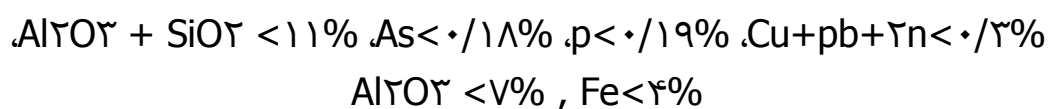
۴- مواد فرار : آب، روی، دی اکسید منگنز و مواد آلی

### مصارف عمده منگنز

منگنز به دلایل اقتصادی و داشتن خصوصیات فیزیکی- شیمیایی خاص به عنوان یکی از فلزات استراتژیک مورد استفاده در صنایع فولاد و ذوب آهن، تولید فروآلیاژ، باتری سازی و... مطرح شده است. در حدود ۹۰ درصد منگنز مصرفی در جهان در صنایع متالورژیکی نظیر تولید فولاد و آلیاژهای غیر آهنی مصرف می‌شود. صنایع باتری سازی با مصرف سالیانه ۴۰ الی ۵۰ هزار تن، معادل ۷-۵ درصد کل مصرف در مقام دوم قرار می‌گیرند . سنگ منگنز عمدتاً برای تولید فرومنگنز، چدن و فولاد به مصرف می‌رسد. علاوه بر مصارف متالورژیکی، منگنز کاربردهای غیر متالورژیکی متعددی نیز دارد که عبارتند از دی اکسید طبیعی یا مصنوعی در باتریهای خشک و شیمیایی، سولفات و اکسی سولفات های منگنز در خوراک دام و افزودنی های کودهای گیاهی در کشاورزی، پرمنگنات ( به عنوان اکسید کننده)، صنایع کبریت سازی، سرامیک، شیشه و آجر، الکتروود جوشکاری، فروسیلیکومنگنز، تولید فریت‌ها، تصفیه آب، هیدرومتالورژی، افزودنی های سوخت و سایر کاربردهای فرعی .

تولید فولاد و آلیاژ: مهمترین کاربرد منگنز در صنعت، تهیه آلیاژهای آهن و به عنوان ماده اساسی برای تولید چدن و فولاد می باشد. منگنز بیشترین کاربرد را در تولید فولاد (فولادهای کربن دار، آلیاژ کم مقاومت، ضدزنگ ابزارآلات)، آلیاژهای غیرفولادی (آلیاژهای غیرآهنی، فروآلیاژها و چدن) دارد. فولاد بخصوص فولادهای کربن دار بخش اصلی بازار منگنز را به خود اختصاص می دهد. میزان مصرف جهانی منگنز موجود در فرو آلیاژها و به عنوان فلز در سال ۱۹۹۸ برابر ۵ تن میلیون بوده است. تقاضا برای منگنز در تولید آهن و فولاد در حدود ۸۸ درصد کل تقاضا را تشکیل می دهد که برابر ۴/۴ میلیون تن در سال است. فولاد خام، محصول پایه ای است که انواع فولادهای کربن دار، ضد زنگ و آلیاژ کم مقاومت از آن تولید می شود. منگنز در اکثر فولادها حضور دارد. و مقدار آن معمولاً در حدود ۱٪ وزنی است. در فولادهای ضد زنگ درصد منگنز تا ۲ درصد است. با این وجود در بعضی از انواع خاص فولادها ممکن است تا ۱۹ درصد افزایش یابد. برآورد میزان واقعی منگنز مورد نیاز در صنعت فولاد به دلیل گستردگی انواع و متغیر بودن میزان منگنز مصرفی در هر نوع خاص فولاد مشکل است. با این وجود فولادهای کربن دار با در حدود ۱/۶ درصد منگنز در ترکیب خود، اصلی ترین نوع فولاد و بزرگترین بازار منگنز هستند. در حدود ۹۵٪ از تولید جهانی ماده معدنی منگنز در صنایع متالورژیکی تولید فولادی معمولی، ریخته گری ها و ساخت فرو آلیاژهای مختلف به کار می رود و عرضه و تقاضای این فلز نیز به عرضه و تقاضای فولاد و فروآلیاژ بستگی زیادی دارد. اگر چه منگنز ارزان ترین فلز مورد استفاده در ساخت فروآلیاژها ماسیوسولفید می باشد، دلایل مهم تری نیز در کاربردهای وسیع آن در صنایع وابسته به آهن و فولاد وجود دارد. در سال ۱۸۵۶ میلادی توسعه فرآیند فولاد سازی سبب رونق اقتصادی منگنز گردید، بعدها رابرت هادفیلد موفق به کشف مزایای فولادهای با محتوای منگنزی بالا شد و امروزه نوعی فولاد با محتوای منگنز بالا فولاد هادفیلد شهرت دارد. مقدار منگنز در فولاد به طور میانگین ۰/۷٪ و در بسیاری از انواع فولادها ۰/۵٪ می باشد ولیکن انواع فولاد منگنزی که در حدود ۱۴-۱۰٪ منگنز دارند، به فولادهای هادفیلد Hadfield steels معروفند. این گونه فولادها به مقدار ناچیزی تولید می شوند. امروزه منگنز به صورت کانسنگ و یا به صورت فروآلیاژهای مختلف در فولاد سازی به کار می رود که در این زمینه نقش های عمده منگنز عبارت خواهد بود از: منگنز به عنوان احیا کننده و تمیز کننده در فولاد مذاب به منظور حذف گوگرد و بهبود

خواص فولاد مورد استفاده دارد و گوگرد و عناصر مزاحم را به خود جذب نموده و آنها را وارد سرباره می‌کند. منگنز به عنوان یکی از اجزای آلیاژی برای افزایش مقاومت، افزایش سختی و کاهش شکنندگی و رفتار حرارتی فولادها می‌باشد. فروآلیاژهای منگنز برای جدا کردن گوگرد و اکسیژن زائد در کوره فولاد سازی به کار می‌روند زیرا غلظت زیاد گوگرد در فولاد، همگنی آن را کاهش داده، باعث سهولت شکست آن می‌گردد. لذا منگنز با گوگرد ترکیب می‌شود تا سولفید منگنز موجود در سرباره را تشکیل دهد. در صنعت فولاد، منگنز در اشکال مختلف کانسنگ و فروآلیاژهای فرو منگنز، اسپیکل ایزن-سیلیکو منگنز و سیلیکو اسپیکل-ایزن استفاده می‌شود. کانسنگ های منگنز مورد استفاده دارای عیار منگنز ۳۸-۵۵٪ می‌باشند، گرچه در مواردی واردی سنگ های با عیار ۳۰٪ نیز به کار می‌روند. از آنجا که عیار منگنز ۴۸٪ برای تولید فرومنگنز مورد نیاز می‌باشند. این عیار به عنوان مبنای قیمت گذاری کانسنگ های منگنیز فـرض شـده اسـت . این کانسنگ دارای ترکیب شیمیایی زیر می‌باشد و به کانسنگ متالورژیکی منگنز معروفند.



منگنز اساساً برای کنترل ناخالصی های اکسیژن و سولفور در تولید فولاد به کار می‌رود و باعث افزایش پایداری، سختی و استحکام فولاد می‌شود. منگنز در پوشش های مقاوم مانند ریل های راه آهن و تجهیزات معدنی استفاده می‌شود. این فلز یک سازنده مهم در ترکیب آلیاژهای غیر آهنی به ویژه آلیاژ آلومینیوم می‌باشد. آلیاژهای مسی با افزوده شدن مقدار ناچیزی منگنز پایداری می‌شوند که در این صورت برنزه های منگنز نام دارند و همچنین در آلیاژهای مس برای اکسیدزایی نیز از منگنز استفاده می‌شود. آلیاژهای مس، منگنز و نیکل به عنوان آلیاژهای مقاوم الکتریکی به کار می‌روند و ۱۰٪ منگنز دارند و برخی آلیاژها با منگنز بیشتر، دارای ضریب انبساط گرمایی بالایی هستند که در ساختمان ترموستات به کار می‌روند. انواع مختلف منگنز برای ساخت پوشش های میله جوشکاری مصرف می‌شوند. در تولید آهن خام، منگنز به شکل سنگ خام و یا کلوخه (سینتر شده) به کوره وارد می‌شود. در تولید فولاد، منگنز به شکل کانسنگ، کنسانتره، فرو آلیاژ و یا فلز خالص در خلال و یا در مرحله نهایی فرایند تولید



مورد استفاده قرار می‌گیرد .  
 افزودن منگنز در فرایند تولید آهن خام تا حد یک درصد، علاوه بر بهبود خواص فیزیکی آهن خام به دلیل حذف گوگرد، باعث افزایش راندمان در مرحله بعدی تولید فولاد، کاهش مصرف کمک ذوب‌ها و افزایش عمر مصالح نسوز کوره می‌شود. نقش منگنز در زدودن گوگرد به این صورت است که ترکیب منگنز و گوگرد موجود در سنگ آهن تولید سولفید منگنز می‌کند که به راحتی توسط سرباره از کوره خارج شود. بعلاوه سولفید منگنز - آهن که در ترکیب آهن باقی می‌ماند به مراتب اثرات مضر کمتری از سولفید آهن دارد. نحوه و تا حدودی میزان افزودن منگنز بستگی به فناوری استفاده شده در تولید آهن و فولاد دارد. یکی از روشهای معمول افزودن مستقیم سنگ آهن منگنزدار، سنگ منگنز کم عیار آهن دار و یا سرباره‌های منگنزدار برگشتی به کوره بلند است .  
 میزان مصرف منگنز در فرایند فولاد تولید آهن خام و فولاد، بستگی به موارد زیر دارد :

\* میزان فسفر موجود در آهن خام

\* میزان گوگرد و درصد منگنز موجود در سنگ آهن

\* راندمان فرآیند گوگرد زدایی

\* عیار منگنز در کانسنگ منگنز

\* مقدار منگنز در سرباره

فرو آلیاژهای منگنز: عیار منگنز در سنگ معدن مورد نیاز برای تولید فرومنگنز کمتر از عیار مورد نیاز در صنایع شیمیایی می باشد .

!Error

Zn	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	SiO <sub>2</sub>	P	Fe	Mn	ترکیب
<۱	<۶	<۸	<۰/۱۵	<۷	>۴۸	عیار درصد

جدول ۱۳ - مشخصات کانسنگ منگنز برای ساخت فرومنگنز

مقادیر مس، باریم و سرب در این کانسنگ پائین باشند. نسبت منگنز به آهن Mn/Fe بین ۶-۷ باشد. فرومنگنز محصولی است که در هر دوره کوره قوس الکتریکی و کوره ذوب قابل تولید است و از نظر عیار محتوی منگنز به دو گروه تقسیم می شوند:

۱- نوعی از فرومنگنز با عیار منگنز ۹۵-۹۰٪ برای مقاصد خاصی بکار می رود .

۲- نوعی دیگر از فرومگنز با عیار ۹۰-۷۵٪ می باشد و کاربردهای متداولتری دارد . مقدار کربن محتوای مگنز بسته به نیاز از ۰.۷-۰.۰۷٪ می باشد. فرومگنز معمولاً بهترین محصول برای افزودن مگنز به فولاد در کوره‌های اکسیژنی و برای تولید فولادهای با محتوای مگنز بالا می باشد. هر چند مصرف عمده مگنز در تولید فولادهای معمولی است، مقادیری نیز در ساخت فولادهای مخصوص با درصد مگنز بالا که دارای ۱۵-۱۱٪ مگنز هستند، مصرف می شود. این فولادها را فولاد هادفیلد می نامند که تا ۱/۵٪ کربن داشته و دارای سختی و مقاومت بالایی در برابر سایش و خوردگی هستند. این فولادها در مواردی که نیاز به مقاومت بالا در مقابل سایش باشند (نظیر سنگ شکن ها و خطوط راه آهن) مورد استفاده قرار می گیرند.

در حدود ۸۳ درصد مگنز در تولید انواع فرو آلیاژها مصرف می شود و گرایش به سمت استفاده بیشتر از فرو آلیاژهای مگنز (مخصوصاً فروسیلیکومگنز که ارزان تر است) به جای استفاده مستقیم سنگ معدن و کنسانتره مگنز در تولید فولاد است. مصرف فروسیلیکومگنز بین سالهای ۱۹۹۰ تا ۱۹۹۸ از ۱۶/۶ به ۲۳/۱ درصد افزایش یافته است . نحوه و میزان مصرف فرومگنز در چدن، بیش از ۹۸ درصد فرومگنز در تولید انواع فولادها مصرف شده است. در حدود ۵۰ درصد مگنز جهان در تولید فرومگنرها مصرف می شود. تقاضا برای این شاخه از ۳/۳ میلیون تن در سال ۱۹۹۳ افزایش یافت و از آن سال تاکنون تقریباً در همین حد باقی مانده است. فرومگنرها بطور متوسط دارای ۸۰ درصد مگنز هستند. کشور چین در حدود یک چهارم فرومگنز جهان را مصرف میکند. ژاپن ۱۵ درصد، آمریکا ۱۲ درصد و فرانسه با ۱۱ درصد در ردیف های بعدی از نظر میزان مصرف فرومگنز قرار دارند .

میزان مصرف فلز مگنز: نحوه و میزان مصرف مگنز در مناطق مختلف جهان تا حدودی متفاوت است. آلیاژهای آلومینیوم، مخصوصاً نوعی از آن که در ساخت قوطیهای نوشابه کاربرد دارد، با حدود ۶۵ درصد مصرف کل، بزرگترین بازار مصرف برای فلز مگنز در کشور آمریکا هستند. در اروپا تولید ورقهای آلومینیومی و در ژاپن صنایع فولاد سازی بزرگترین بازار مصرف برای فلز مگنز هستند. بجز در مورد کشور آمریکا، اطلاعات کمی در مورد میزان مصرف فلز مگنز در کشورهای دیگر انتشار یافته است. آمریکا و ژاپن در حدود سه چهارم مصرف جهانی مگنز را به خود اختصاص داده اند و کشور آلمان از این نظر در مقام سوم قرار دارد. با توجه به نقش احیاء کنندگی مگنز نسبت به آهن در سنگ خام بر عیار فرومگنز تولیدی تاثیر می گذارد. مقدار کلسیم و سیلیس را می توان با

افزودن مواد کمک ذوب و با اختلاف سنگ خام ورودی کنترل کرد. در تولید فرو منگن‌های کربن دار نسبت منگنز به آهن باید در حدود ۷/۵ به یک باشد. نحوه فرآیند تولید فولاد و ناخالصی‌های همراه سنگ آهن وجود گوگرد در محصول نهایی را اجتناب ناپذیر می‌کند. بدون استفاده از منگنز، وجود گوگرد باعث شکنندگی فولاد در مرحله شکل‌گیری اولیه می‌شود. افزودن منگنز به فرآیند موثرترین و ارزانه‌ترین روش حذف و یا کاهش گوگرد تا حد قابل قبول است. این خاصیت مهم منگنز در سال ۱۸۶۰ کشف شد. البته منگنز امروزه کاربردهای دیگری نیز در فرآیند تولید فولاد دارد. منگنز تمایل بیشتری برای ترکیب با اکسیژن نسبت به آهن دارد، بنابراین از آن به عنوان یک اکسید کننده نیز می‌توان استفاده کرد. بعلاوه منگنز باعث بهبود خواصی نظیر سختی، شکنندگی، شکل‌پذیری و نظایر آن در محصول نهایی می‌شود. قسمت اعظم تولید فولاد شامل فولادهای معمولی چند منظوره و کم کربن می‌شود که در ترکیب خود بین ۰.۱۵٪ تا ۰.۸٪ درصد منگنز دارند. قسمت عمده‌ای از این فولاد کمتر از ۰.۳٪ درصد منگنز در ترکیب خود دارند. در حدود ۳ الی ۴ درصد فولادهای تولید شده در جهان را فولادهای مقاوم که بیش از ۵۰۰ مگاپاسکال مقاومت فشاری دارند شامل می‌شود. این نوع فولادها بیش از ۱ درصد منگنز در ترکیب خود دارند بخش عمده‌ای از فولادهای مقاوم را فولادهای HSLA تشکیل می‌دهند که بین ۱ تا ۱/۸ درصد منگنز دارند. در تولید فولادهای مخصوص که شامل HSLI و حرارت دیده میشوند، نیکل، کرم، مولیبدن و وانادیم مصرف میشود. میزان توسط مصرف منگنز در این نوع فولادها اغلب بین ۰/۶ تا ۰/۸ درصد است و انواع خاصی از این فولادها که تا ۱/۵ درصد منگنز دارند در صنایع اتومبیل‌سازی کاربرد دارند. فولادهای ضد زنگ که کمتر از ۲ درصد تولید جهانی فولاد را شامل می‌شوند دارای کروم و نیکل و در حدود ۱ درصد نیز منگنز هستند. در بعضی از انواع این فولادها که به فولاد ضد زنگ منگنز معروف هستند منگنز را می‌توان جایگزین بخشی از نیکل مصرفی نمود. این امر باعث افزایش مقدار منگنز موجود در فولاد بین ۴ تا ۱۶ درصد میشوند. این جایگزین می‌تواند در آینده باعث افزایش تقاضا برای منگنز شود ولی این امر تا حد زیادی بستگی به قیمت نیکل دارد.

استفاده از منگنز در تولید محصولات شیمیایی با مصرف شیمیایی با مصرف سالیانه ۴۵۰ هزار تن در حدود ۷ درصد مصرف جهانی منگنز را شامل می‌شود. مهمترین محصول ترکیبات شیمیایی منگنز دی‌اکسید الکترولیتی (EMD) است. EMD در انواع باتری‌ها از قبیل کربن - روی، منیزیم، دی‌اکسید منگنز و آلکالین و لیتیم - دی‌اکسید منگنز کاربرد دارد. تقاضای جهانی برای EMD در حدود ۲۰۰ هزار تن در سال برآورد می‌شود که معادل مصرف سالیانه ۱۲۰ هزار تن منگنز خالص است. این مقدار منگنز در حدود ۲ درصد

مصرف منگنز جهان است. مصرف مستقیم دی اکسید منگنز طبیعی (NMD) در تولید باتری‌های کربن - روی است که مصرف در حدود ۲۵۰ هزار تن منگنز خالص را شامل می‌شود. این میزان مصرف معادل ۴ درصد کل مصرف منگنز در جهان است. میزان مصرف سالیانه EMD برخلاف NMD رو به رشد است .

در تولید سایر ترکیبات شیمیایی منگنز سالیانه در حدود ۲۰۰ هزار تن منگنز مصرف می‌شود. که این در حدود ۳ درصد مصرف کل منگنز است. ترکیبات شیمیایی اصلی منگنز دار عبارتند از کربور، کلراید، اکسید سولفات منگنز و پرمنگنات پتاسیم .

غیر متالورژیکی: منگنز در صنایع باتری سازی به ۳ صورت کانسنگ طبیعی فعال، در اکسید منگنز شیمیایی و دی اکسید منگنز الکترونیکی طبیعی یا مصنوعی در باتری سازی استفاده می شود.

۱۰-۵٪ کاربردهای غیر متالورژیکی منگنز به صورت در ساخت باتریهای خشک و شیمیایی، سولفورزدایی و اکسید زدایی می باشد. باتری اساساً برای ذخیره سازی انرژی و آزاد سازی آن در مواقع لزوم است و در انواع مصارف خانگی (رادیو، ماشین حساب، چراغ قه و...) کاربرد دارد.

دی اکسید منگنز به عنوان ماده دی پلاریزر در باتریها به کار می رود و به صورت کانه طبیعی منگنز، دی اکسید منگنز شیمیایی و دی اکسید منگنز الکترولیتی در ساخت باتریها استفاده

می شود. کانه منگنز مورد استفاده در این مورد باید دارای درصد دی اکسید منگنز بالا و مقدار آهن خیلی کم باشد. کانی مورد استفاده باید دارای سختی متوسط و درجه مشخص از تخلخل باشد کانه مورد نظر در این مورد معمولاً تا ابعاد ۲۰-۱۰ مش خرد می شود. از آنجا که فلز روی به عنوان آند این باتریها عمل می کند. نکته مهم در مورد کیفیت کانه مورد نیاز این است کانسار که ترکیبات الکترونگاتیوتر از روی نظیر ترکیبات مس، نیکل، کبالت، آرسنیک، سرب و آنتیموان نباید در کانه موجود باشند. دی اکسید منگنز الکترولیتی یک پودر سیاه رنگ است و به طور عمده شامل ۹۱٪ وزنی  $MnO_2$ ، ۵ - ۳٪ وزنی رطوبت و حداکثر ۱/۳٪ سولفات و کمتر از ۰/۰۲٪ آهن می باشد.

صنایع شیمیایی: دیگر کاربرد عمده منگنز در صنایع شیمیایی ( انواع مواد شیمیایی، تهیه کودهای شیمیایی، انواع سولفات و اکسی سولفات های منگنز در خوراک دام و افزودنی های کودهای گیاهی، رنگ سازی و تهیه پرمنگنات سدیم و پتاسیم که به عنوان

ضد عفونی کننده و اکسید کننده به کار می روند می باشد. ترکیبات شیمیایی مختلف حاوی منگنز در انواع کودها، مواد خاکی، صنایع شیشه، انواع رنگ، لعاب، رنگ جلا، آجرهای رنگی، سرامیک و اهداف شیمیایی و طبی بکار می روند.

درصد مناسبی از  $MnO_2$  در سنگ معدن برای استفاده در متالورژی بیش از ۳۵٪ معمولاً (۴۰ - ۵۰٪) و میزان فسفر آن از ۰/۲ - ۰/۱۵ می باشد. کانی های منگنز مورد استفاده در صنایع شیمیایی باید درجه خلوص بالاتری داشته باشند و حاوی ۸۵ - ۸۰٪  $MnO_2$  باشند. ترکیبات شیمیایی نظیر پرمنگنات پتاسیم و سولفات های منگنز محصولاتی هستند که بعد از صنایع متالورژیکی و باتری مهمترین کاربرد برای منگنز هستند. پرمنگنات پتاسیم یکی از قویترین مواد اکسید کننده است که در موارد مختلفی مورد استفاده قرار می گیرد.

سولفات منگنز یک محصول واسطه است و به دلیل حلالیت بالای آن در تولید فلز منگنز و در ساخت سایر ترکیبات شیمیایی کاربرد دارد. کربنات منگنز از رسوب دادن سولفات منگنز یا یک کربنات قلیایی بدست می آید برای کاربردهایی که نیاز به کیفیت بالاتر است نظیر تولید فریت های مخصوص، درصد اکسید کلسیم و اکسید سدیم در ترکیب کربنات منگنز نباید بیشتر از ۱/۰ درصد باشد. در این کاربردها کربنات از ترکیبات فلز منگنز و بی کربنات آمونیم ساخته می شود که بعد از رسوب دادن کربنات منگنز فیلتر شده و به دقت خشک میشود. در این فرایند حرارت نباید از ۱۲۰ درجه سانتیگراد تجاوز کند. (کلرید منگنز)  $MnCl_2$  از حل کردن فلز، اکسید، کربنات و یا هیدروکسید منگنز با اکسید کلریدریک بدست می آید در تولید کلرید منگنز مرغوبتر باید فقط از فلز منگنز و یا اکسید منگنز خالص استفاده شود.

اکسید منگنز ( $MnO$ ) یکی از ملزومات در ترکیب کودها و فرمول مواد غذایی است. و همچنین پایه ای برای ساخت سایر ترکیبات شیمیایی منگنز است اکسید منگنز را می توان از احیاء

دی اکسید منگنز و یا از متلاشی کردن حرارتی کربنات یا اکسالات منگنز و در غیاب هوا تولید کرد. اکسید سه ظرفیتی منگنز ( $MnO_2$ ) از تجزیه حرارتی نیترات، کربنات، اکسالات و یا کلرید منگنز در حرارتی بین ۵۰۰ تا ۸۰۰ درجه سانتیگراد تهیه می شود تهیه اکسید سه ظرفیتی منگنز با خلوص بالا از کلسیناسیون کربنات خالص منگنز صورت می گیرد. اکسید سه ظرفیتی منگنز در تولید فریت های منگنز دار کاربرد دارد. سولفات منگنز از حل کردن سنگ کربنات منگنز، ردو کروزیت در اسید سولفوریک بدست می آید سولفات منگنز ممکن است به عنوان یک محصول جانبی اسید شویی سایر فلزات نیز

تولید شود. کاربرد اصلی سولفات منگنز در تهیه کودها و غذای حیوانات است. بعضی از انواع کودها حداقل ۷۴ تا ۷۹ درصد سولفات منگنز ( معادل ۲۷ تا ۲۸ درصد منگنز ) در ترکیب خود دارند .

دی اکسید الکترولیتی منگنز ( **EMD** ) :میزان مصرف سالیانه EMD در حدود ۲۰۰ هزار تن است. کشور آمریکا بزرگترین متقاضی EMD با مصرف ۸۰ هزار تن در سال است. و پس از آن ژاپن با مصرفی سالیانه در حدود ۲۵ هزار تن قرار دارد. برآورد می شود که کشور چین مصرفی در حدود ۲۰ الی ۳۰ هزار تن در سال داشته باشد. ولی اطلاعات کافی از میزان مصرف این کشور در دسترس نیست.

کاربرد های دیگر : استفاده از منگنز در رنگ آمیزی آجر، لباس، سرامیک، شیشه و سفال، ساخت کودهای شیمیایی، تأمین خوراک دام و طیور، ساخت الکترودهای جوشکاری، ساخت عوامل خشک کننده، رنگها، تصفیه آب و فاضلاب، افزودنی های سوختن و ساخت اکسید کننده های مورد نیاز در فرآیندهای شیمیایی از کاربردهای شیمیایی منگنز محسوب می شوند. اکسید منگنز (پیرولوسیت) به عنوان یک دپلازر در سلولهای خشک، به عنوان بی رنگ کننده شیشه، خشک کننده در رنگ و در چرم سازی استفاده می شود که وجود ناخالصی آهن به آن رنگ سبز می دهد. به علاوه اکسید منگنز در تهیه اکسیژن و کلریت و در رنگ های تیره و خشک نیز استفاده می شود. پرمنگنات یک عامل معرف اکسیدی قوی است و در تجزیه های کمی و پزشکی استفاده می شود. زیرا یافته ها و خواص اکسیدی آن در تشکیل یک داروی معمولی برای بیماریها استفاده می گردد. خصوصیات و کیفیت کانسنگ منگنز بر حسب عیار منگنز به انواع مختلفی تقسیم می شود. در عمل سنگ منگنز و کنسانتره طیف وسیعی از خصوصیات شیمیایی و فیزیکی را دارد و اغلب براساس کاربردی که برای آن در نظر گرفته شده نامگذاری می شود:

- سنگ مناسب برای مصارف متالورژیکی

•سنگ مناسب برای مصارف شیمیایی

•سنگ مناسب برای باتری سازی

درصد ۲ MnO در حدود ۷۰ تا ۸۵ درصد که معادل ۴۴ تا ۵۴ درصد منگنز است و باید کمتر از ۰.۵٪ درصد فلزاتی نظیر مس، نیکل، کبالت و آرسنیک باشد. بجز ترکیبات

شیمیایی که در این کاربرد منگنز اهمیت دارد، دی اکسید منگنز مورد مصرف باید از نظر ساختمان بلورین، سطح ویژه توزیع و ابعاد خلل و فرج، ابعاد و شکل ذرات، هدایت الکتریکی، شرایط سطحی و نقایص ساختمانی کنترل شود. در تولید غذای حیوانات سنگ منگنز مورد استفاده باید از نظر مقدار فلزات سنگین کنترل شود. مشخصات و کیفیت محصول فرآوری شده بستگی به عواملی نظیر کیفیت سنگ خام و فرایند مصرف بستگی دارد. سه نوع منگنز براساس عیار منگنز در بازار وجود دارد که عبارتند از متالوژیکی، باتری و شیمیایی. نوع متالوژیکی سنگ منگنز که قسمت اعظم بازار مصرف را به خود اختصاص داده است عیاری در حدود ۴۸ درصد منگنز دارد نسبت به آهن و مقدار ناخالص هایی نظیر آلومینا، سیلیس، و آهک از دیگر عوامل تعیین کننده کیفیت سنگ منگنز متالوژیکی هستند

از آنجا که فسفر در مرحله ذوب قابل حذف شدن نیست مقدار آن در کانسنگ متالوژیکی باید کمتر از ۲٪ درصد باشد، کانسنگ منگنز نوع شیمیایی دارای حداقل ۳۵ درصد منگنز است ولی علاوه بر این باید خصوصیات دیگری نیز از نظر میزان ناخالصی ها و قابلیت اکسید شونده داشته باشد

در کانسنگ مناسب برای باتری باید درصد  $MnO$  حداقل در حدود ۷۵ تا ۸۵ درصد ( معادل ۵۴-۴۴ درصد منگنز ) باشد علاوه بر این مقدار فلزات موجود در سنگ که از روی الکترونگاتیو تر هستند نباید از ۵٪ درصد بیشتر باشد. سنگ منگنز استخراجی به محصولات تجاری متنوعی تبدیل می شود که مهمترین آنها عبارتند از:

• فرومنگنز دارای کربن بالا ( معمولاً به عنوان فرومنگنز پالایش نشده معروف است )  
• فرومنگنز دارای کربن متوسط یا کم ( معمولاً به عنوان فرومنگنز پالایش شده خوانده می شود )

• فرو - سیکلومنگنز

• فرو - منگنز - سیلیکون

• دی اکسید شیمیایی و یا الکترولیتی منگنز ( CMD, EMD )

• ترکیبات شیمیایی منگنز

• فلز منگنز

فرو منگنزاها معمولاً توسط کوره‌های قوس الکتریکی تولید می‌شوند، هر چند در کشورهای عضو اتحاد شوروی سابق هنوز از کوره بلند برای این منظور استفاده می‌شود.