

فصل اول

کلیات

۱- کلیات

۱-۱- مقدمه

منگنز از کلمه لاتین **Magnes (Magnet)** گرفته شده است که به خواص مغناطیسی پیرولوزیت (کانه اصلی منگنز) اشاره می‌کند.

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 ۴/۷ گرم بر سانتی‌مترمکعب می‌باشد و دمای ذوب آن به ۱۲۴۵ درجه سانتی‌گراد می‌رسد. این عنصر در طبیعت به صورت خالص تشکیل نمی‌شود و بیشتر به صورت اکسید، کربنات و سیلیکات وجود دارد.

منگنز با فلز کروم 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 می‌کنند، در حالیکه منگنز چنین نیست. توضیح علت این عملکرد منگنز این می‌تواند باشد که در شرایط عادی ترتیب قرارگیری اتمهای منگنز در ساختمان بلورین آن بگونه‌ای است که منگنز معمولاً فلزی شکننده و غیرقابل انعطاف و شکل‌گیری می‌باشد. اما وقتی که منگنز با آهن (و همچنین با فولاد)، آلومینیوم و سایر فلزات غیر آهنی تشکیل آلیاژ می‌دهد، باعث بهبود خواص فیزیکی آلیاژ می‌شود. به خاطر همین خواص منگنز است که اصلی‌ترین کاربرد منگنز به عنوان یک عنصر آلیاژی است.

۱-۲- تاریخچه

استفاده از منگنز به ادوار بسیار قدیم و صنعت شیشه‌سازی باستان باز می‌گردد. مصریان و رومیان باستان از کانسنگ منگنز برای مواد دارویی، رنگ‌زدایی از شیشه و یا ایجاد رنگ‌ها و تالو صورتی، بنفش و یا سیاه‌رنگ در شیشه استفاده می‌کردند. از این خاصیت منگنز در زمان حاضر نیز استفاده می‌شود. در اواسط قرن ۱۷ میلادی، شیمیدان آلمانی به نام گلوپز برای اولین بار پرمنگنات را تهیه کرد که اولین نمک منگنز بود که مورد استفاده قرار می‌گرفت.

در سال ۱۷۷۴، Scheele (C.W.Schule) (شول) شیمیست و داروساز سوئدی منگنز را به عنوان یک عنصر معرفی نمود و همکار او J.G.Gahn فلز منگنز خالص را به وسیله احیای اکسید آن با کربن بدست آورد.

در اوایل قرن نوزدهم میلادی دانشمندان انگلیسی و فرانسوی از منگنز در ساخت فولاد استفاده کردند. امتیازات این اختراع در سالهای ۱۷۹۹ و ۱۸۰۸ به ثبت رسیده است. در سال ۱۸۱۶ یک محقق آلمانی مشاهده کرد که افزودن منگنز به آهن باعث افزایش سختی آن می‌شود بدون اینکه اثر سوئی بر دیگر خواص آن داشته باشد. در سال ۱۸۲۶ پریگر آلمانی برای اولین بار فرومگنزی دارای ۸۰ درصد منگنز تولید کرد. فلز منگنز اولین بار توسط یک محقق انگلیسی به نام هیت در سال ۱۸۴۰ تولید شد، یک سال بعد، پورسل شروع به تولید آهن خام با درصد منگنز بالا در مقیاس صنعتی نمود. در سال ۱۸۷۵ همین شخص موفق شد فرومگنزی با ۶۵ درصد منگنز در مقیاس تجاری تولید کند. عمده‌ترین پیشرفت در استفاده از منگنز در سال ۱۸۶۰ اتفاق افتاد.

در این سال هنری بسمر فرآیند تولید فولاد را ابداع کرد که بعدها به نام خود او مشهور شد. در اجرای این فرآیند وی با مشکل باقی ماندن اکسیژن و گوگرد در ساختمان فولاد مواجه شد.

ده سال بعد در سال ۱۸۸۶ سرویلیام زیمنس استفاده از فرومگنز را در تولید فولاد به عنوان عامل کنترل‌کننده میزان گوگرد و فسفر در مقیاس صنعتی بکار برد. رابرت مانت در سال ۱۸۵۶ امتیازی را ثبت کرد که در آن منگنز به عنوان عاملی در حذف گوگرد و اکسیژن اضافی از فولاد شناخته شده بود.

در سال ۱۸۶۸ هم‌زمان با فعالیت‌های منگنز در صنایع متالورژیکی، لکلانسه (Leclanche) نوعی باتری خشک (دی اکسید منگنز - کلرید - روی) را ابداع کرد که در آن منگنز استفاده می‌شد. این کاربرد منگنز که در آن دی اکسید منگنز به عنوان یک دی‌پلاریزه مؤثر استفاده می‌شد، هنوز هم رایج است و دومین بازار مصرف برای منگنز می‌باشد.

در نیمه دوم قرن ۱۹ میلادی پس از این که روش جدید تولید فولاد کشف شد، میزان تقاضا افزایش یافت. در سالهای دهه ۱۸۳۰ مقدار کمی کانسنگ منگنز، نخستین بار در ایالات تنسی و ویرجینیای ایالات متحده استخراج گردید. تا آن زمان کاربرد اصلی منگنز کنترل و تولید رنگ در شیشه‌گری و سفالگری بود.

استفاده از منگنز در صنعت فولاد به سال ۱۸۳۹ برمی‌گردد که در این زمان منگنز برای تقویت قابلیت چکش‌خواری محصولات آهنی مورد استفاده قرار می‌گرفت.

انواع فرومگنز در دهه ۱۸۷۰ قابل دستیابی بود. مصرف منگنز به صورت یک عامل آلیاژی برای ایجاد فولاد مقاوم در سال ۱۸۸۸ میلادی به وسیله هادفیلد (Hadfield) به اثبات رسیده است و امروزه نیز نوعی فولاد با محتوای منگنز بالا به فولاد هادفیلد معروف است. کهربا (مخلوطی از اکسیدهای آهن و منگنز) به عنوان خشک‌کننده رنگ در قرن ۱۷ به کار رفته بود.

کانی‌های با ارزش منگنز به صورت اکسیدها، هیدروکسیدها، کربنات‌ها و سیلیکات‌ها در طبیعت یافت می‌شوند. ذخیره اکسیدی و یا هیدروکسیدی به عنوان کانسارهای اصلی و سنگ‌های کربناته و سیلیکاته منگن‌دار به عنوان سنگ مادر کانسارهای دیگر مورد توجه می‌باشند.

۱-۳- کانی‌های منگنز

منگنز در بسیاری از کانی‌های موجود در پوسته زمین وجود دارد. با وجودی که بیش از ۳۰ کانی حاوی منگنز شناخته شده اما تعداد کانیهای منگن‌دار با ارزش اقتصادی کمتر از ۱۲ نوع است. کانی‌های با ارزش منگنز به صورت اکسیدها، هیدروکسیدها، کربنات‌ها و سیلیکات‌ها در طبیعت یافت می‌شوند. به طور کلی می‌توان گفت که ذخایر اکسیدی یا هیدروکسیدی به عنوان کانسارهای اصلی و سنگهای کربناته و سیلیکاته منگن‌دار به عنوان سنگ مادر کانسارهای دیگر مورد توجه هستند. سایر کانیهای منگن‌دار و معمولاً به عنوان کانه منگنز شناخته نمی‌شوند. اکثر کانسارهای با ارزش منگنز، حاصل غنی‌سازی ثانویه توسط آبهای زیرزمینی و یا حاصل لیچینگ سنگهای رسوبی منگن‌دار هستند. نودولهای منگن‌دار پوسته کف اقیانوسها ذخایر عظیم از منگنز را تشکیل می‌دهند ولی مشکلات تکنیکی زیادی در استخراج آنها وجود دارد.

مهمترین کانیهای اقتصادی منگنز عبارتند از: پیرولوزیت، پسیلوملان، براونیت، منگانیت و رودوکروزیت که اکثراً در کانسارهای رسوبی و یا تجزیه‌ای یافت می‌شوند.

منگنز در بسیاری از کانیهای موجود در پوسته زمین وجود دارد. با وجودی که بیش از ۳۰۰ کانی حاوی منگنز شناخته شده اما تعداد کانیهای منگن‌دار با ارزش اقتصادی، کمتر از ۱۲

نوع است. کانیهای با ارزش منگنز به صورت اکسیدها، هیدروکسیدها، کربناتها، سیلیکاتها و سولفورها در طبیعت یافت می‌شوند.

مهمترین کانیهای اقتصادی منگنز عبارتند از: اکسیدها شامل کانیهای پیرولوزیت، پسیلوملان، هوسمانیت، براونیت، واد، فرانکلینیت، هیدروکسیدها (منگانیت)، کربناتها (رودوکروزیت)، سیلیکاتها (ردونیت) و سولفورها (آلاباندیت).

پیرولوزیت (Pyroluzite)

این کانی اساساً از دی‌اکسید منگنز (MnO_2) تشکیل شده و در حالت خالص دارای ۶۰ تا ۶۳/۲ درصد منگنز و ۳۶/۸ درصد اکسیژن بوده و معمولاً حاوی مقداری آب می‌باشد. این کانی به صورت β - MnO_2 مهمترین کانی منگنز است که از نظر ترمودینامیکی پایدارترین فاز در بین کانیهای اکسید منگنز می‌باشد. ساختمان پیرولوزیت شبیه ساختمان روتیل (TiO_2) است که در آن هر منگنز توسط ۶ اکسیژن احاطه شده است. این کانی در سیستم تتراگونال متبلور شده و رنگ خاکستری تیره و کدر، جلای فلزی تا نیمه فلزی، سختی نوع ترد آن ۲ و سختی نوع متبلور آن ۵-۶ و چگالی آن ۴/۷-۵ گرم بر سانتی‌متر مکعب می‌باشد. معمولاً به شکلهای توده‌ای، قله‌ای و بعضاً با ساخت شعاعی و رشته‌ای یافت می‌شود. کانی مذکور به ندرت به حالت خالص یافت می‌شود و معمولاً حاوی درصد کمی سیلیس، آهن، کلسیم و باریم می‌باشد. این کانی در اثر حرارت در دمای ۶۸۰-۶۵۰ درجه سانتی‌گراد به MnO و در دمای ۱۰۰۰ درجه سانتی‌گراد به Mn_3O_4 تبدیل می‌شود.

کریپتوملان (Cryptomelane)

از اکسیدهای منگنز با ترکیب شیمیایی $\text{KNa}_8\text{MnO}_{16} \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ است که عمدتاً با پیرولوئیت یافت می‌شود. این کانی به رنگ تیره، جلای نیمه فلزی، سختی ۵-۶ و چگالی آن $3.7-4.7$ گرم بر سانتی‌مترمکعب می‌باشد و معمولاً شامل مقادیر متفاوتی از اکسیدهای باریم، پتاسیم، سدیم و آب است. بعلاوه محتوای منگنز آن از ۴۵ تا ۶۰ درصد می‌باشد.

پسیلوملان (Peylomelan)

پسیلوملان (اکسید هیدراته منگنز با مقادیر متفاوتی اکسید باریم و پتاسیم) دومین کانه مهم منگنز با فرمول‌های $(\text{Ba}, \text{K}, \text{Mn}, \text{Co})\text{Mn}_5\text{O}_{10} \cdot \text{XH}_2\text{O}$ ، $\text{BaMn}_9\text{O}_{18} \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ و $\text{Mn}_5\text{O}_{10} (\text{Ba}, \text{H}_2\text{O})_2$ می‌باشد و در سیستم اورتورمبیک متبلور می‌شود.

رنگ این کانی سیاه آهنی تا خاکستری تیره، رنگ خاکه قهوه‌ای مایل به سیاه و براق، جلای آن نیمه فلزی، سختی آن ۵-۶ و چگالی آن $3.7-4.7$ گرم بر سانتی‌مترمکعب می‌باشد. این کانی به صورت توده‌ای استلاکتیتی تشکیل می‌شود. نمونه‌های دانه‌ریز و خاکی آن به رنگ قهوه‌ای تیره بوده و تحت تأثیر هوا به رنگ قهوه‌ای در می‌آیند که به آن واد می‌گویند. این کانی در کانسارهای ثانویه وجود دارد. میزان منگنز موجود در این کانی متغیر و در برخی حالات دارای $63/2$ درصد منگنز می‌باشد.

براونیت (Braunite)

براونیت از معمول ترین کانی های منگنز با منشأ گرمابی می باشد که ممکن است از یک ژل پسیلوملان و یا از کانیهای دیگر منگنز تشکیل شود. کانی براونیت یک سیلیکات منگنز با فرمول شیمیایی $MnSiO_3.Mn_2O_3$ می باشد که کانی عمومی کانسارهای دگرگونی منگنز است. ترکیب شیمیایی براونیت طبیعی به صورت زیر است:



براونیت معمولاً به صورت بلورهای ریز و توده ای رشد می کند، دارای سختی ۶-۶/۵ و وزن مخصوص ۴/۸ گرم بر سانتی متر مکعب می باشد. این کانی نیمه اپک بوده و رنگ خاکه سیاه دارد و در صورتی که به خوبی پودر شود، رنگ متمایل به قهوه ای و تیره و جلای فلزی چرب دارد. بلورهای خوب این کانی کمیاب هستند و میزان منگنز در این کانی متغیر است که بسته به میزان سیلیس و آهن در ترکیب آن، مقدار منگنز ممکن است از ۶۰-۵۰ درصد تغییر کند. جدول ۱-۱، درصد اکسیدهای تشکیل دهنده براونیت را نشان می دهد.

جدول ۱-۱- درصد اکسیدهای تشکیل دهنده براونیت

اکسید	MnO_2	Al_2O_3	Fe_2O_3	SiO_2
درصد وزنی	۸۱/۴	۰/۱	۸/۴	۱۰/۳

رودوکروزیت (Rodokroze)

کانی رودوکروزیت کربنات منگنز با فرمول $MnCO_3$ است که اغلب همراه با مقادیر متغیری از کربناتهای آهن و منیزیم می‌باشد. این کانی به رنگ صورتی، دارای محتوای ۴۸ درصد منگنز، جلای شیشه‌ای، وزن مخصوص ۳/۶-۳/۳ گرم بر سانتی‌مترمکعب و سختی ۳/۵-۴/۵ می‌باشد. کانی خالص آن دارای ۶۱/۷ درصد MnO و ۳۸/۳ درصد CO_2 است. آهن به جای منگنز می‌نشیند و سری کامل محلولهای جامد بین رودوکروزیت و سیدریت وجود دارد. وجود کانی کوتناهوریت $(CO_3)CaMn_2$ که ساختمان مشابه دولومیت دارد و نشان‌دهنده سری محلول جامد بین سنگ آهک و رودوکروزیت است. همچنین منیزیم می‌تواند جایگزین منگنز شود ولی سری محلول جامد بین ماگنزیست و رودوکروزیت $(MgCO_3-MnCO_3)$ محدود است.

ساختمان رودوکروزیت با کلسیت مشابه است. استخراج این کانی به عنوان کانی اقتصادی منگنز در فرانسه، آفریقا و آمریکا گزارش شده است.

منگانیت (Manganite)

کانی منگانیت با فرمول $Mn_2O_3 \cdot H_2O$ است که اغلب حاوی ۶۲/۴۶ درصد منگنز و ۲۷/۳ درصد اکسیژن و ۳/۱۰ درصد آب است. این کانی به رنگ سیاه آهنی، جلای نیمه فلزی، وزن مخصوص ۴/۳ گرم بر سانتی‌مترمکعب و سختی ۴ می‌باشد. با این ترتیب ساختمان منگانیت مشابه ساختمان دیاسپور و کزندوم است، اگر چه موقعیت کاتیونها در مانگانیت با دیاسپور کاملا متفاوت است.

هاسمانیت (Hausmanite)

کانی هاسمانیت با فرمول Mn_3O_4 است که اغلب حاوی بیش از ۶۵ درصد (حدود ۷۲ درصد) منگنز می‌باشد. این کانی به رنگ سیاه، جلای فلزی، وزن مخصوص ۴/۷ گرم بر سانتی‌متر مکعب و سختی ۵/۵ می‌باشد.

رودونیت (Rhodonite)

این کانی به فرمول شیمیایی $MnSiO_3$ معمولاً حاوی کلسیم است که حداکثر میزان آن به صورت $CaSiO_3$ تا حدود ۲۰ درصد مولکولی می‌رسد. این کانی به رنگ قرمز گوشتی، جلای شیشه‌ای، وزن مخصوص ۳/۷-۳/۴ گرم بر سانتی‌متر مکعب و سختی ۶ می‌باشد. در ترکیب رودونیت Fe^{2+} ممکن است تا میزان بیش از ۲۰ درصد وزنی FeO جایگزین منگنز شود. ممکن است روی نیز در ترکیب رودونیت شرکت داشته باشد که در صورت سرشار بودن از روی، فولریت نامیده می‌شود.

ساختمان رودونیت از زنجیره‌های SiO_3 موازی با محور C با یک واحد تکراری که از پنج چهار وجهی پیچ خورده ساخته شده، تشکیل شده است و اغلب حاوی ۴۲ درصد منگنز می‌باشد. در این ساختمان لایه‌های کاتیونها به صورت یک در میان با زنجیرها قرار گرفته اند، از این رو ساختمان مشابه ولاستونیت و پیروکسمانژیت (Pyroxmanzhit) با فرمول $(Mn,Fe)SiO_3$ دارد.

رامسدلیت

کانی رامسدلیت با فرمول MnO_2 کانی پلی مورف پیرو لوزیت است. این کانی کمیاب به رنگ سیاه تا خاکستری، جلای فلزی، وزن مخصوص ۴/۴-۴/۸ گرم بر سانتی متر مکعب و سختی ۳ می باشد.

در جدول ۱-۲ مشخصات سایر کانیهای منگنز، ترکیب شیمیایی و کانی شناسی آنها آورده شده است.

جدول ۱-۲- مشخصات سایر کانیهای منگنز

-	-	Hydrous Mn Oxides	واد Wad
-	-	$(Fe,Mn)_2O_7$	فرانکلینیت Franklinite
-	-	Cobaltiferous WAD	آسبولان Asbolan
سختی ۵/۶، چگالی ۵/۱	-	$MnFe_2O_7$	ژاکریت Jakerite
سختی ۵-۶، رنگ تیره، جلای نیمه فلزی، چگالی ۳/۷-۴/۷	-	$(Mn,Ca,Mg)Mn_2O_7 \cdot H_2O$	تودوروکیت Todorokite
سختی ۲/۵، رنگ سبز کمرنگ یا آبی، جلای صدفی، چگالی ۳/۲۵	-	$Mn(OH)_2$	پیروکرویت Pyrochroite
سختی ۶/۵، رنگ زرد برنزی، جلای نیمه فلزی، چگالی ۴/۹-۵	٪ ۳۰-۴۰	$(Fe,Mn)_2O_7$	بیگسبیت Bixbyite
سختی ۴-۳/۵، چگالی ۳/۱۲	-	$(Ca,Mn)_2(CO_3)_2$	کوتناهوریت Kutnahurite
سختی ۶، رنگ قرمز گوشتی، چگالی ۴/۱	-	$(Mn,Ca)_2Al[SiO_4][Si_2O_7]O(OH)$	پیمونتیت Piemontite (Piedmontite) یا
سختی ۶/۵-۶، رنگ سفید نایل به سبز تا سبز روشن یا صورتی تا قرمز، چگالی ۳/۰۷-۳/۱۳ جلای شیشه ای	٪ ۴۲	$Mn_2(Fe,Mg)_2Si_2O_7(OH)_2$	تیرودیت Tirodite

۴-۱- مشخصات منگنز

نام منگنز Manganese از واژه لاتین Magnes (Magnet) گرفته شده است که به خواص مغناطیسی پیرولوزیت (کانه اصلی منگنز) اشاره می‌کند. منگنز از نظر فراوانی، دوازدهمین عنصر فراوان در پوسته زمین است. کلارک منگنز در ترکیب پوسته جامد زمین ۱ درصد و در سنگ‌های مافیک و اولترامافیک تا ۱/۵٪ می‌رسد.

منگنز فلزی است به رنگ سفید، خاکستری - نقره‌ای با هاله مایل به صورتی با نماد Mn، عدد اتمی ۲۵، وزن اتمی ۵۴/۹۴، وزن مخصوص ۷/۴۳ گرم بر سانتی‌مترمکعب، سختی ۶ در مقیاس موس، جلائی فلزی، شکننده و غیر قابل انعطاف، نقطه جوش ۱۹۶۲ درجه سانتی‌گراد و نقطه ذوب ۱۲۴۴ درجه سانتی‌گراد.

منگنز در گروه ۷ (VII) جدول تناوبی به عنوان فلز Transition Metals بوده و در دوره ۴ قرار دارد.

این عنصر در طبیعت به صورت خالص تشکیل نمی‌شود و بیشتر به صورت اکسید، کربنات و سیلیکات وجود دارد. منگنز با فلز کروم در گروه ششم و با فلز آهن در گروه هشتم هم‌جوار بوده و از نقطه نظر شیمیایی شباهت‌های زیادی به آن دارد. با این وجود، از نظر خواص متالورژیکی منگنز تفاوت‌هایی 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 می‌کنند، در حالی که منگنز چنین نیست. علت عملکرد منگنز در این حالت این است که در شرایط عادی ترتیب قرارگیری اتم‌های منگنز در ساختمان بلورین آن به گونه‌ای است که منگنز

معمولاً فلزی شکننده و غیرقابل انعطاف و شکل‌گیری می‌باشد. اما وقتی که منگنز با آهن (و فولاد)، آلومینیوم و سایر فلزات غیر آهنی تشکیل آلیاژ می‌دهد، باعث بهبود خواص فیزیکی آلیاژ می‌شود. منگنز در بسیاری از کانیهای موجود در پوسته زمین وجود دارد و علی‌رغم این که بیش از ۳۰۰ کانی حاوی منگنز شناسایی شده‌اند اما تعداد کانیهای منگنزدار دارای ارزش اقتصادی کمتر از ۱۲ می‌باشد و شامل پیرولوزیت، پسیلوملان، براونیت، منگانیت و رودوکروزیت اکثراً در کانسارهای رسوبی یا تجزیه‌ای یافت می‌شوند.

برخلاف فراوانی و توزیع جغرافیایی ذخایر منگنز، ۹۵ درصد از تولید جهان فقط از ۷ کشور تولید کننده باشد.

از تولیدکنندگان اصلی منگنز می‌توان از آفریقای جنوبی با ۳/۶۲ میلیون تن، گابون با ۲/۴۵ میلیون تن، استرالیا با ۲ میلیون تن، برزیل با ۱/۸ میلیون تن و هند با ۱/۱ میلیون تن نام برد. بیش از ۸۰ درصد از ذخایر کشف شده جهان در دو کشور اوکراین و آفریقای جنوبی متمرکز شده است. تقریباً هیچ کشور صنعتی جهان همانند آمریکا، ژاپن و کشورهای اروپایی دارای ذخایر قابل توجه منگنز نیستند و باید همگی نیازهای خود را وارد کنند.

منگنز همچنین کاربردهایی در حالت غیرفلزی خود دارد و عموماً به حالت اکسید و به دو صورت MnO و MnO_2 مصرف می‌شود. کانیهای اصلی منگنز ترکیبی از اکسیدهای آن با عناصر دیگر هستند. به عنوان مثال سیلیکات‌های اکسید نظیر براونیت که ترکیب عمومی آن بصورت $(Mn_2O_3.MnSiO_3)$ است. حالت دیگری از منگنز که در طبیعت یافت می‌شود، کربنات می‌باشد. کانی اصلی کربنات منگنز رودوکروزیت $(MnCO_3)$ است که اغلب همراه با سایر کانیهای منگنز یافت می‌شود. سنگ معدن منگنز معمولاً بعد از تغلیظ داخل کوره بلند شده تا در ساخت چدن از

آن استفاده شود. اما کاربردهای مهمتر آن استفاده از سنگ خام به عنوان منبع منگنز در فرآیند تولید فروآلیاژهای منگنز و تولید فلز خالص و یا سایر ترکیبات شیمیایی منگنزار است.

دی اکسیدهای مصنوعی منگنز بخصوص دی اکسید الکترولیتی EMD، احتمالاً مهمترین محصول شیمیایی منگنز است. سولفات منگنز ($MnSO_4$) ترکیبی است که به عنوان حد واسط در فرآیندهای مختلف یا به عنوان افزودنی به خوراک دام و یا در کودهای گیاهی کاربرد دارند. مجموعه کاربردهای منگنز در صنایعی به جز صنعت فولاد، فقط بخش کوچکی از مصرف منگنز را شامل می‌شود. دی‌اکسیدهای طبیعی و یا مصنوعی منگنز در باتری‌های سلولی خشک و یا فریت‌های نرم کاربرد دارند.

اکسید، سولفات و اکسی سولفات‌های منگنز (ترکیب شیمیایی و فیزیکی اکسیدها و سولفات‌ها) در خوراک دام و افزودنی و کودهای گیاهی کاربرد دارد. پرمنگنات پتاسیم ($KMnO_4$) ماده‌ای به شدت اکسید کننده است که در تصفیه آب و نظایر آن کاربرد دارد، در کشور آمریکا، آمارها نشان دهنده میزان مصرف منگنز در صنایع غیرمتالورژیکی فقط به اندازه ۵ تا ۱۰ درصد کل مصرف است.

قسمت اعظم تولید، سنگ با عیار مناسب برای مصارف متالورژیکی است، هر چند که سنگ منگنز تولیدی توسط کشورهای برزیل، گابون، مراکش و هند برای مصارف غیرمتالورژیکی نیز مناسب هستند. بازار منگنز توسط تعداد اندکی شرکت اصلی کنترل شود و اغلب تولید کنندگان اصلی صادر کننده نیز هستند.

از نقطه نظر نحوه تشکیل، ذخایر و انواع کانی‌های منگنز دار بسیار متنوع می‌باشند. منگنز از نظر ژئوشیمیایی یک عنصر لیتوفیل قوی است و خواصی مشابه آهن دارد. هیدروژن تا اندازه‌ای

در فلز منگنز حل می‌شود ولی با آن واکنش نمی‌دهد. با قرار گرفتن منگنز در معرض اکسیژن، بخصوص در حرارت بالا، شرایط تشکیل اکسیدهای منگنز فراهم می‌شود. در بین فلزات واسطه، عنصری است که بیشترین خاصیت اکسید کنندگی را دارد. با وجود پایین بودن میزان منگنز در سنگهای موجود در خشکی، چشمه‌های آب گرم اساساً غنی از منگنز هستند. همچنین با وجود نسبت کم Mn/Fe (اکثراً کمتر از ۰/۱) در سنگهای پوسته زمین، اکثر آزمایش‌های مربوط به چشمه‌های آب گرم، وجود درصد بیشتر منگنز به آهن را نشان می‌دهند. در اکثر شرایط، منگنز در آبهای زیرزمینی، رودخانه، دریاچه‌ها و دریاها در حالت تحت اشباع است و در مواردی به صورت اکسید ته نشین می‌شود.

۱-۵- 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 غیره مطرح شده است.

در حدود ۹۰ درصد منگنز مصرفی در جهان در صنایع متالورژیکی نظیر تولید فولاد و آلیاژهای غیرآهنی مصرف می‌شود. صنایع باتری‌سازی با مصرف سالانه ۴۰ الی ۵۰ هزار تن، معادل ۵-۷ 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 غیرمتالورژیکی متعددی نیز دارد که عبارتند از دی‌اکسید طبیعی یا مصنوعی در باتریهای خشک و شیمیایی، سولفات و اکسی سولفات‌های منگنز در خوراک

دام و افزودنی‌های کودهای گیاهی در کشاورزی، پرمنگنات (به عنوان اکسید کننده)، صنایع کبریت‌سازی، سرامیک، شیشه و آجر، الکتروود جوشکاری، فروسیلیکومنگنز، تولید فریت‌ها، تصفیه آب، هیدرومتالوژی، افزودنی‌های سوخت و سایر کاربردهای فرعی.

۱-۵-۱- تولید فولاد و آلیاژ

مهمترین کاربرد منگنز در صنعت، تهیه آلیاژهای آهن و به عنوان ماده اساسی برای تولید چدن و فولاد می‌باشد. منگنز بیشترین کاربرد را در تولید فولاد (فولادهای کربن‌دار، آلیاژ کم‌مقاومت، ضدزنگ ابزارآلات)، آلیاژهای غیرفولادی (آلیاژهای غیرآهنی، فروآلیاژها و چدن) دارد. فولاد بخصوص فولادهای کربن‌دار بخش اصلی بازار منگنز را به خود اختصاص می‌دهد.

میزان مصرف جهانی منگنز موجود در فروآلیاژها 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 می‌دهد که برابر ۴/۴ میلیون تن در سال است.

فولاد خام، محصول پایه‌ای است که انواع فولادهای کربن‌دار، ضدزنگ و آلیاژ کم‌مقاومت از آن تولید می‌شود. منگنز در اکثر فولادها حضور دارد و مقدار آن معمولاً در حدود ۱٪ وزنی است. در فولادهای ضدزنگ 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 کربن‌دار با در حدود ۱/۶ درصد منگنز در ترکیب خود، اصلی‌ترین نوع فولاد و بزرگترین بازار منگنز هستند.

در حدود ۹۵-۹۰٪ از تولید جهانی ماده معدنی منگنز در صنایع متالورژیکی تولید فولادی معمولی، ریخته‌گری‌ها و ساخت فروآلیاژهای مختلف به کار می‌رود و عرضه و تقاضای این فلز نیز به عرضه و تقاضای فولاد و فروآلیاژ بستگی زیادی دارد.

اگر چه منگنز ارزان‌ترین فلز مورد استفاده در ساخت فروآلیاژها ماسیوسولفید می‌باشد، دلایل مهم‌تری نیز در کاربردهای وسیع آن در صنایع وابسته به آهن و فولاد وجود دارد. در سال ۱۸۵۶ میلادی توسعه فرآیند فولادسازی سبب رونق اقتصادی منگنز گردید، بعدها رابرت هادفیلد موفق به کشف مزایای فولادهای با محتوای منگیزی 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٪) می‌باشد ولیکن انواع فولاد منگیزی که در حدود ۱۴-۱۰٪ منگنز دارند، به فولادهای هادفیلد **Hadfield steels** معروفند. این گونه فولادها به مقدار ناچیزی تولید می‌شوند.

امروزه منگنز به صورت کانسنگ و یا به صورت فروآلیاژهای مختلف در فولادسازی به کار می‌رود که در این زمینه نقش‌های 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.

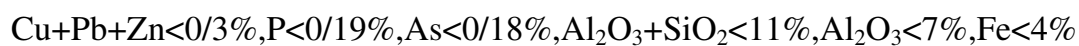
منگنز به عنوان یکی از اجزای آلیاژی برای افزایش مقاومت، افزایش سختی و کاهش شکنندگی و رفتار حرارتی فولادها می‌باشد. فروآلیاژهای منگنز برای جدا کردن گوگرد و اکسیژن زائد در کوره فولادسازی به کار می‌روند زیرا غلظت زیاد گوگرد در فولاد، همگنی آن را کاهش

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 فرومنگنز، اسپیکل ایزن-سیلیکو منگنز و سیلیکو اسپیکل- ایزن استفاده می‌شود.

کانسنگ‌های منگنز مورد استفاده دارای عیار منگنز ۳۸-۵۵٪ می‌باشند، گرچه در مواردی سنگ‌های با عیار ۳۰٪ نیز به کار می‌روند. از آنجا که عیار منگنز ۴۸٪ برای تولید فرومنگنز مورد نیاز می‌باشند. این عیار به عنوان مبنای قیمت‌گذاری کانسنگ‌های منگنز فرض شده است.

این کانسنگ دارای ترکیب شیمیایی زیر می‌باشد و به کانسنگ متالورژیکی منگنز معروفند.



منگنز اساساً برای کنترل ناخالصی‌های اکسیژن و سولفور در تولید فولاد به کار می‌رود و باعث افزایش پایداری، سختی و استحکام فولاد می‌شود.

منگنز در پوشش‌های مقاوم مانند ریل‌های راه‌آهن و تجهیزات معدنی استفاده می‌شود. این فلز یک سازنده مهم در ترکیب آلیاژهای غیرآهنی به ویژه آلیاژ آلومینیوم می‌باشد.

آلیاژهای مسی با افزوده شدن مقدار ناچیزی منگنز ناپایدارتر می‌شوند که در این صورت برنزه‌های 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 پوشش‌های میله جوشکاری مصرف می‌شوند. در تولید آهن خام، منگنز به شکل سنگ خام و یا کلوخه (سیترشده) به کوره

وارد می‌شود. در تولید فولاد، منگنز به شکل کانسنگ، کنسانتره، فروآلیاژ 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 گوگردزدایی

- 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.

جدول ۱-۳- مشخصات کانسنگ منگنز برای ساخت فرومنگنز

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

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 ۹۰-۹۵ درصد برای مقاصد خاصی بکار می رود.

۲- نوعی دیگر از فرومنگنز با عیار ۷۵-۹۰ درصد می باشد و کاربردهای متداولتری دارد.

مقدار کربن محتوای منگنز بسته به نیاز از ۰/۷ تا ۷ درصد می باشد. فرومنگنز معمولاً

بهترین محصول برای افزودن منگنز به فولاد در کنورتورهای اکسیژنی و برای تولید فولادهای با

محتوای منگنز بالا می باشد. هر چند مصرف عمده منگنز در تولید فولادهای معمولی است،

مقادیری نیز در ساخت فولادهای مخصوص با درصد منگنز بالا که دارای ۱۱-۱۵٪ منگنز 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 منگنز در تولید انواع فروآلیاژها مصرف می‌شود و گرایش به سمت استفاده بیشتر از فروآلیاژهای منگنز (مخصوصا فروسیلیکومنگنز که ارزان‌تر است) به جای استفاده مستقیم سنگ معدن و کنسانتره منگنز در تولید فولاد است. مصرف فروسیلیکومنگنز بین سالهای ۱۹۹۰ تا ۱۹۹۸ از ۱۶/۶ به ۲۳/۱ درصد افزایش یافته است.

نحوه و میزان مصرف فرومنگنز در چدن، بیش از ۹۸ درصد فرومنگنز در تولید انواع فولادها مصرف شده است (جدول ۴-۱).

جدول ۴-۱- نحوه و میزان مصرف فرومنگنز در تولید محصولات نهایی در آمریکا

فولاد:	۱۹۹۱	۱۹۹۲	۱۹۹۳	۱۹۹۴	۱۹۹۵	۱۹۹۶	۱۹۹۷	۱۹۹۸	۱۹۹۹
کرین دار	۳۳۶/۲	۳۴۰/۱	۳۴۸/۶	۳۵۷/۳	۳۲۴/۷	۳۵۰/۵	۳۵۶	۳۱۷/۷	۷۴ درصد
فوق آلیاژ	۴۷/۶	۴۲	۴۱/۵	۴۲/۶	۵۰/۸	۵۳/۳	۵۱/۱	۵۴/۸	۲/۸ درصد
HSLA	۲۸/۵	۲۶/۳	۲۸/۱	۲۸/۷	۳۱/۳	۲۷/۲	۲۹	۲۳/۸	۷/۶ درصد
فولاد زنگ‌نزن	۱۷/۶	۱۸/۸	۱۷/۸	۱۷/۳	۱۸/۵	۱۹/۱	۲۰/۵	۱۷	۴ درصد
سایر	۱/۱	۱/۶	۱/۶	۱/۱	۰/۶	۰/۹	۱	۰/۳	۰/۱ درصد
مجموع	۴۳۱	۴۲۸/۸	۴۳۷/۶	۴۴۷	۴۲۵/۹	۴۵۱/۵	۴۵۷/۶	۴۲۲/۶	۹۸/۴ درصد
چدن	۱۱/۶	۲۲/۷	۱۱/۱	۱۱/۵	۸	۹/۸	۹/۸	۵/۹	۱/۴ درصد
سوپر آلیاژ	-	-	-	-	-	-	-	-	-
غیر آهنی	۱/۲	۱/۴	۴/۳	۲	-	۱/۱	۱/۲	-	-
مجموع	۴۴۸/۴	۴۵۳/۹	۴۵۳	۴۶۰/۵	۴۳۵	۴۶۲/۴	۴۶۷/۶	۴۲۹/۶	۱۰۰ درصد

ماخذ: Roskill ۲۰۰۰

در حدود ۵۰ درصد منگنز جهان در تولید فرومنگنرها مصرف می‌شود. تقاضا برای این شاخه از ۳/۳ میلیون تن در سال ۱۹۹۳ افزایش یافت و از آن سال تاکنون تقریبا در همین حد باقی مانده است. فرومنگنرها بطور متوسط دارای ۸۰ درصد منگنز هستند. جدول ۵-۱ میزان مصرف

فرومگنیز برای سالهای ۱۹۹۳ تا ۱۹۹۸ توسط کشورهای عمده مصرف‌کننده را نشان می‌دهد. کشور چین در حدود یک چهارم فرومگنیز جهان را مصرف می‌کند. ژاپن ۱۵ درصد، آمریکا ۱۲ درصد و فرانسه با ۱۱ درصد در ردیف‌های بعدی از نظر میزان مصرف فرومگنیز قرار دارند.

جدول ۱-۵- مصرف ظاهری فرومگنیزی در جهان (هزار تن)

نام کشور	۱۹۹۳	۱۹۹۴	۱۹۹۵	۱۹۹۶	۱۹۹۷	۱۹۹۸
آرژانتین	۷/۷	۱۱/۵	۱۱/۹	۱۲/۷	۱۴	۱۳/۶
برزیل	۱۳۶/۷	۱۲۴	۱۱۶/۵	۱۲۷/۸	۹۴/۸	۹۳/۱
چین	۶۴۰/۷	۸۱۷/۷	۸۷۲/۹	۹۷۸/۱	۱۰۳۴/۲	۹۱۹/۳
فرانسه	۲۳۸/۵	۳۳۴/۳	۴۳۳/۸	۴۵۳/۲	۴۲۰/۶	۴۳۳/۶
آلمان	۲۰۹/۳	۱۶۸/۲	۲۰۹	۱۵۹/۷	۱۸۳	۱۸۲/۲
هندوستان	۱۳۶/۵	۱۹۹/۵	۱۷۸/۱	۲۰۵/۶	۱۷۵/۶	-
ژاپن	۵۴۰/۴	۵۵۳/۶	۶۱۳/۱	۶۳۲/۳	۶۳۴	۶۰۱/۴
کره جنوبی	۱۳۳/۲	۱۴۳/۷	۱۵۶/۸	۱۶۹/۷	۱۹۹/۹	۱۹۴/۸
آمریکا	۴۱۳/۹	۴۶۴/۷	۴۸۲/۶	۵۶۳/۷	۴۰۳/۶	۴۶۸/۴
نروژ	۴۶/۸	۸۵/۸	۱۰۳/۴	۱۳/۱	۵۴/۲	۵۷/۲
روسیه	-	۱۶۴/۶	۲۲۶/۷	۱۸۹/۸	۱۹۰	۲۱۱/۲
سوئد	۲۱/۵	۲۱/۵	۲۷/۷	۲۲/۵	۲۰/۸	۷۲/۲
تایوان	۵۸/۲	۳۸/۴	۵۲/۴	۵۲/۳	۶۳/۹	۵۵/۵
ترکیه	۲۵	۳۷/۵	۲۴/۶	۳۳/۹	۳۲/۵	۲۴/۳

جدول ۱-۶- میزان مصرف ظاهری فروسیلیکومنگنز در جهان (هزار تن)

نام کشور	۱۹۹۳	۱۹۹۴	۱۹۹۵	۱۹۹۶	۱۹۹۷	۱۹۹۸
آرژانتین	۱۸/۳	۲۴/۸	۲۱/۵	۲۶/۱	۳۹/۲	۱۱/۹
استرالیا	۱۲	۱۳/۵	۱۰/۳	۱۶/۱	۱۶/۵	۱۷/۲
بلژیک	۳۶/۳	۴۰/۲	۴۵/۵	۵۴	۳۳/۷	۴۵/۷
برزیل	۱۲۱/۸	۱۶۱/۳	۱۲۸/۲	۱۵۸/۵	۹۹/۳	۸۷/۹
کانادا	۳۸/۷	۳۳/۶	۴۱/۴	۵۳/۸	۴۳/۴	۵۱/۹
چین	۲۷۱/۱	۳۶۴/۷	۳۸۲/۵	۴۷۷	۳۴۱	۴۰۲/۳
فنلاند	۲۳/۵	۲۳/۹	۲۵/۹	۲۶/۹	۶۴/۲	۳۴/۳
فرانسه	۴۵/۲	۲۷/۸	۵۷/۴	۶۶/۳	۶۲/۴	۶۷/۸
آلمان	۱۰۷/۶	۱۲۶/۹	۱۲۲/۹	۱۱۱/۹	۱۳۶/۴	۹۰
هندوستان	۱۳۶/۵	۱۹۹/۵	۱۷۸/۱	۲۰۵/۶	۱۷۵/۶	۱۷۵
اندونزی	۳۳/۵	۲۴/۶	۳۵/۴	۳۰/۱	۳۲/۵	۱۶/۱
ایتالیا	۱۵۷/۲	۱۶۵/۹	۱۷۲/۴	۱۶۸	۱۶۱	۱۷۵/۷
ژاپن	۳۰۰/۳	۲۹۲/۲	۳۲۳/۳	۳۲۶/۱	۳۵۳/۹	۲۸۹/۶
کره جنوبی	۱۲۱/۱	۱۴۹/۵	۱۷۳/۱	۱۷۷/۸	۱۷۷/۷	۱۸۰/۴
مکزیک	۴۱/۳	۶۸/۶	۵۹/۸	۹۳/۷	۸۷/۵	۹۲/۸
روسیه	-	۲۷۱/۶	۲۶۴/۱	۲۱۰/۷	۱۵۴/۵	۱۱۴/۶
آمریکا	۳۰۹/۶	۲۶۵/۹	۲۹۲/۹	۳۱۵/۷	۲۹۲/۲	۳۳۲
نروژ	۱۵۱/۱	۳۲/۴	۳۹/۲	۲۲/۸	۲۷/۸	۶/۹
تایوان	۴۲/۸	۴۳/۶	۶۵	۵۱/۳	۷۷/۷	۷۹/۸
ترکیه	۷۲/۹	۸۹/۵	۱۰۳/۸	۹۳/۸	۱۰۲/۸	۹۱/۲
اسپانیا	۵۲/۱	۷۴/۴	۷۴/۷	۶۸/۷	۸۷/۸	۸۲/۱
جمع	۲۰۹۳/۸	۳۱۵۴/۸	۲۹۳۴/۳	۳۱۳۹/۳	۲۸۴۰	۲۷۴۵/۳

ماخذ: Roskill ۲۰۰۰

اسپیکل - ایزن

فروآلیاژی به عنوان اکسیدکننده و تمیزکننده در حین مرحله پالایش فولادسازی به کار می رود و عیارهای مختلف معرفی شده برای این محصول از سوی A.S.T.M به ترتیب ۱۹-۱۶٪،

۲۱-۱۹٪ و ۲۸-۲۵٪ منگنز می‌باشد و در همه موارد مذکور حداکثر مقادیر کربن ۰/۵/۶٪، فسفر ۰/۲۵٪ و گوگرد ۰/۰۵٪ و مقدار سیلیس کمتر از ۰/۱٪، ۲-۱٪ و یا ۴-۳/۵٪ می‌باشد.

سیلیکو منگنز و سیلیکو اسپیکل - ایزن

این مواد در مقایسه با فرومنگنز اسپیکل اهمیت کمتری دارند و برای وارد کردن منگنز به فولاد به کار می‌روند و همچنین از خاصیت تمیزکنندگی آنان استفاده می‌شود.

عیارهای رایج سیلیکو منگنز عبارتند از: ۷۵-۵۰٪ منگنز، ۲۵-۱۴٪ سیلیس، ۰/۵-۰/۳٪ کربن و سیلیکو-اسپیکل-ایزن مصرفی نیز عمدتاً ۳۰-۲۵٪ منگنز و ۱۰-۷٪ سیلیس می‌باشد.

منگنز در تولید آلیاژهای غیرآهنی به ویژه آلیاژهای آلومینیوم نیز کاربرد دارد و باعث افزایش مقاومت آلومینیوم در برابر خوردگی می‌شود. امروزه آلیاژهای آلومینیوم با بیش از یک درصد منگنز به طور وسیعی در ساخت قوطی‌های نوشابه و وسایل و ظروف نگهداری غذا بکار می‌روند.

برنزهای منگنزدار (ترکیبات مس) که حاوی تا ۴/۵٪ منگنز هستند نسبت به برنرها مقاومت بیشتری دارند. منگنز در ساخت پروانه زیردریایی و تولید یاتاقان، دنده‌ها و چرخ‌دنده‌های وسایل نقلیه نیز به کار می‌روند.

فلز منگنز

نحوه و میزان مصرف منگنز 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 منگنز در کشور آمریکا هستند. در اروپا تولید ورق‌های آلومینیومی و در ژاپن صنایع فولادسازی بزرگترین بازار مصرف برای فلز منگنز هستند.

بجز در مورد کشور آمریکا، اطلاعات کمی در مورد میزان مصرف فلز منگنز در کشورهای دیگر انتشار یافته است. میزان مصرف ظاهری فلز منگنز توسط کشورهای عمده مصرف کننده در جدول ۱-۷ ارائه شده است. آمریکا و ژاپن در حدود سه چهارم مصرف جهانی منگنز را به خود اختصاص داده‌اند و کشور آلمان از این نظر در مقام سوم قرار دارد.

جدول ۱-۷- مصرف ظاهری فلز منگنز در جهان (هزار تن)

نام کشور	۱۹۹۳	۱۹۹۴	۱۹۹۵	۱۹۹۶	۱۹۹۷	۱۹۹۸
بلژیک	۲	۷/۰	۱/۸	۱/۸	۱/۶	۱/۵
برزیل	۲/۳	۲/۹	۳	۳/۲	-	-
فرانسه	۳/۶	۵	۵/۵	۵/۱	۵/۶	۷/۷
آلمان	۹۷	۱۱/۱	۱۶/۴	۱۱/۹	۹/۴	۳۴/۷
ایتالیا	۲/۷	۳/۱	۳/۸	۲/۹	۲/۵	۲/۷
ژاپن	۲۷/۷	۳۰/۵	۳۴/۵	۳۶/۳	۴۰/۱	۳۸/۸
کره جنوبی	۱/۸	۱/۹	۳/۲	۲/۶	۳/۳	۵/۵
اسپانیا	۱/۱	۱/۸	۱/۶	۰/۵	۱/۸	۲/۸
آمریکا	۴۲/۵	۴۴/۷	۴۱	۴۳/۱	۴۰/۸	۴۷/۳
جمع	۸۸/۱	۱۰۵/۱	۱۱۴/۷	۱۱۲/۵	۱۰۸/۹	۱۴۵/۱

مأخذ: Roskill ۲۰۰۰

جدول ۱-۸ میزان مصرف فلز منگنز در صنایع مختلف را در کشور آمریکا نشان می‌دهد.

در سالهای اخیر بدلیل در دسترس بودن فرومگنز و فروسیلیکومگنزه‌های با کیفیت بالا و با صرفه بودن مصرف این محصولات بجای فلز منگنز، میزان مصرف فلز منگنز در تولید فولاد کاهش یافته

است. با این وجود به دلیل رشد در بازار مصرف آلومینیوم و آلیاژهای آن میزان مصرف فلز منگنز در این شاخه افزایش داشته است.

جدول ۱-۸- میزان مصرف فلز منگنز در صنایع مختلف در کشور آمریکا (تن)

سال	فولاد	سوپر آلیاژ	سایر غیر آهنیها	سایر	مجموع
۱۹۸۴	۷۹۴۰	۲۰۰	۱۶۷۴۰	۴۲۰	۲۰۳۰۰
۱۹۸۵	۵۵۷۲	۱۷۸	۱۵۹۹۴	۴۸۷	۲۲۲۳۱
۱۹۸۶	۴۸۱۶	۱۳۸	۱۶۴۷۳	۴۷۳	۲۱۹۰۰
۱۹۸۷	۵۹۰۱	۱۴۰	۱۶۶۶۸	۴۸۷	۲۳۱۹۶
۱۹۸۸	۳۷۹۰	۱۴۰	۱۷۳۳۰	۵۰۰	۲۱۷۶۰
۱۹۸۹	۳۷۱۱	۱۵۴	۱۶۹۵۵	۴۴۶	۲۱۲۶۶
۱۹۹۰	۵۱۵۹	۱۶۳	۱۷۲۷۹	۴۶۴	۲۳۰۶۵
۱۹۹۱	۵۲۰۴	۱۱۸	۱۶۹۴۳	۴۵۲	۲۲۷۱۷
۱۹۹۲	۴۹۴۳	۱۰۳	۱۹۶۵۹	-	۲۴۷۱۲
۱۹۹۳	۵۸۴۲	۱۳۲	۱۷۳۸۴	-	۲۳۳۵۸
۱۹۹۴	۵۸۶۱	۱۲۲	۱۹۳۰۰	-	۲۵۲۸۳
۱۹۹۵	۵۰۵۰	۱۳۵	۱۴۹۰۰	-	۲۰۰۸۵
۱۹۹۶	۴۱۱۰	۱۲۵	۱۷۸۰۰	-	۲۲۰۳۵
۱۹۹۷	۲۷۸۰	۱۵۵	۱۹۲۰۰	-	۲۲۱۳۵
۱۹۹۸	۲۷۲۰	۱۳۷	۱۷۳۰۰	-	۲۰۱۵۷

منبع: ROSKILL ۲۰۰۰

با توجه به نقش احیاء کنندگی منگنز نسبت به آهن در سنگ خام بر عیار فرومنگنز تولیدی تاثیر می‌گذارد. مقدار کلسیم و سیلیس را می‌توان با افزودن مواد کمک ذوب و با اختلاف سنگ خام ورودی کنترل کرد. در تولید فرومنگنزهای کربن‌دار 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. افزون‌مگنز به فرآیند موثرترین و ارزانتترین روش حذف و یا کاهش گوگرد تا حد قابل قبول است. این خاصیت مهم مگنز در سال ۱۸۶۰ کشف شد. البته مگنز امروزه کاربردهای دیگری نیز در فرآیند تولید فولاد دارد. مگنز تمایل بیشتری برای ترکیب با اکسیژن نسبت به آهن دارد، بنابراین از آن به عنوان یک اکسیدکننده نیز می‌توان استفاده کرد. بعلاوه مگنز 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 مگنز دارند. قسمت عمده‌ای از این فولاد کمتر از ۰/۳ درصد مگنز 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 مگنز در ترکیب خود دارند بخش عمده‌ای از فولادهای مقاوم را فولادهای HSLA تشکیل می‌دهند که بین ۱ تا ۱/۸ درصد مگنز دارند.

در تولید فولادهای مخصوص که شامل HSLI و حرارت دیده می‌شوند، نیکل، کرم، مولیبدن و وانادیم مصرف می‌شود. میزان توسط مصرف مگنز در این نوع فولادها اغلب بین ۰/۶ تا ۰/۸ درصد است و انواع خاصی از این فولادها که تا ۱/۵ درصد مگنز دارند در صنایع اتومبیل‌سازی کاربرد دارند.

فولادهای ضدزنگ که کمتر از ۲ درصد تولید جهانی فولاد را شامل می‌شوند دارای کرم و نیکل و در حدود ۱ درصد نیز مگنز هستند. در بعضی از انواع این فولادها که به فولاد ضدزنگ مگنز معروف هستند، مگنز را می‌توان جایگزین بخشی از نیکل مصرفی نمود. این امر باعث

افزایش مقدار منگنز موجود در فولاد بین ۴ تا ۱۶ درصد می‌شود. 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 هزارتن در حدود ۷ درصد مصرف جهانی منگنز را شامل می‌شود. مهمترین محصول ترکیبات شیمیایی منگنز دی‌اکسید الکترولیتی (EMD) است، 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 دی‌اکسید 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 منگنزدار عبارتند از کربور، کلراید، اکسید سولفات منگنز و پرمنگنات پتاسیم.

۱-۵-۲- غیر متالورژیکی

منگنز در صنایع باتری‌سازی به ۳ صورت کانسنگ طبیعی فعال، در اکسید منگنز شیمیایی و دی‌اکسید منگنز الکترونیکی طبیعی یا مصنوعی در باتری‌سازی استفاده می‌شود.

۵ تا ۱۰ درصد کاربردهای غیرمتالورژیکی منگنز به صورت در ساخت باتری‌های خشک و شیمیایی، سولفورزدایی و اکسید زدایی می‌باشد. باتری اساساً برای ذخیره سازی انرژی و آزادسازی آن در مواقع لزوم است و در انواع مصارف خانگی (رادیو، ماشین حساب، چراغ قوه و...) کاربرد دارد. دی اکسید منگنز به عنوان ماده دی‌پلاریزر در باتری‌ها به کار می‌رود و به صورت کانه طبیعی منگنز، دی اکسید منگنز شیمیایی و دی اکسید منگنز الکترولیتی در ساخت باتری‌ها استفاده می‌شود. 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 می‌شود. از آنجا که فلز روی به عنوان آند این باتریها عمل می‌کند. نکته مهم در مورد کیفیت کانه مورد نیاز این است. 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 ، ۳ تا ۵ درصد وزنی رطوبت و حداکثر ۱/۳٪ سولفات و کمتر از ۰/۰۲٪ آهن می‌باشد.

۱-۵-۳- صنایع شیمیایی

دیگر کاربرد عمده منگنز در صنایع شیمیایی (انواع مواد شیمیایی، تهیه کودهای شیمیایی، انواع سولفات و اکسی‌سولفات‌های منگنز در خوراک دام و افزودنی‌های کودهای گیاهی، رنگ‌سازی و تهیه پرمنگنات سدیم و پتاسیم که به عنوان ضد عفونی کننده و اکسیدکننده به کار می‌روند) می‌باشد.

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 می‌روند. درصد مناسبی از MnO_2 در سنگ معدن برای استفاده در متالورژی بیش از ۳۵ درصد (معمولاً ۵۰ - ۴۰٪) و میزان فسفر آن از ۰/۲ - ۰/۱۵ می‌باشد. کانی‌های 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 سولفات‌های 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 می‌گیرد.

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 می‌آید برای کاربردهایی که نیاز به کیفیت بالاتر است نظیر تولید فریت‌های مخصوص، درصد اکسید کلسیم و اکسید سدیم در ترکیب کربنات منگنز نباید بیشتر از ۰/۱ درصد باشد. در این کاربردها کربنات از ترکیبات فلز منگنز و بی‌کربنات آمونیم ساخته می‌شود 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 می‌آید در تولید کلرید منگنز مرغوبتر باید فقط از فلز منگنز و یا اکسید منگنز خیلی خالص استفاده شود.

اکسید منگنز (MnO) یکی از ملزومات در ترکیب کودها و فرمول مواد غذایی و همچنین پایه‌ای برای ساخت سایر ترکیبات شیمیایی منگنز است، اکسید منگنز را می‌توان 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 (Mn_2O_3) از تجزیه حرارتی نیترات، کربنات، اکسالات و یا کلرید منگنز در حرارتی بین ۵۰۰ تا ۸۰۰ درجه سانتیگراد تهیه می‌شود. تهیه اکسید سه ظرفیتی منگنز با خلوص بالا از کلسیناسیون کربنات خالص منگنز صورت می‌گیرد. اکسید سه ظرفیتی منگنز در تولید فریت‌های منگنز دار کاربرد دارد.

سولفات منگنز از حل کردن سنگ کربنات منگنز، ردوکروزیت در اسید سولفوریک بدست می‌آید سولفات منگنز ممکن است به عنوان یک محصول جانبی اسیدشویی 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.

۱-۵-۴- 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 می‌شود 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. جدول ۱-۹ میزان مصرف EMD توسط کشورهای مختلف را نشان می‌دهد.

جدول ۱-۹- میزان مصرف EMD در جهان (هزار تن)

نام کشور	۱۹۹۳	۱۹۹۴	۱۹۹۵	۱۹۹۶	۱۹۹۷	۱۹۹۸
بلژیک	۷/۱	۷/۲	۸	-	۷/۶	۱/۳
کانادا	-	-	-	۳/۳	۳/۹	۴/۹
فرانسه	۵	۶/۵	۵/۵	۴	۵/۲	۳/۱
آلمان	-	-	-	۴	۸/۶	۸/۲
ایتالیا	۱/۱	۱/۴	۱/۳	-	-	-
ژاپن	۲۲/۸	۲۳/۱	۲۵/۵	۲۶/۶	۲۵/۱	۲۶/۳
کره جنوبی	۳	۳/۶	۳/۷	۴/۱	۴	۴/۴
نروژ	۰/۸	۰/۸	۰/۹	-	-	-
اسپانیا	۲/۲	۱/۶	۰/۶	-	-	-
تایوان	۲/۹	۳/۴	۴/۱	-	-	-
تایلند	۲/۳	۲/۲	-	-	-	-
انگلستان	۱/۲	۱/۲	۱/۴	-	-	-
آمریکا	۱/۲	۱/۲	۱/۴	-	-	-
مجموع لیست	۱۲۱	۱۲۷/۳	۱۲۳/۴	۱۲۰/۹	۱۳۳/۲	۱۳۱/۳

ماخذ: ROSKILL ۲۰۰۰

۱-۵-۵- 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 اکسیدکننده های مورد نیاز در فرآیندهای شیمیایی از کاربردهای شیمیایی منگنز محسوب می شوند.

اکسید منگنز (پیرولوسیت) به عنوان یک دیپلازر 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 می‌دهد. به علاوه اکسید منگنز در تهیه اکسیژن و کلریت و در رنگ‌های تیره و خشک نیز استفاده می‌شود.

پرمنگنات یک عامل معرف اکسیدی قوی است و در تجزیه های کمی و پزشکی استفاده می‌شود. زیرا یافته‌ها و خواص اکسیدی آن در تشکیل یک داروی معمولی برای بیماریها استفاده می‌گردد.

خصوصیات و کیفیت کانسنگ منگنز بر حسب عیار منگنز به انواع مختلفی تقسیم می‌شود. 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 می‌شود:

- سنگ مناسب برای مصارف متالورژیکی

- سنگ مناسب برای مصارف شیمیایی

- سنگ مناسب برای باتری سازی

درصد MnO_2 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، دی‌اکسید 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، جدول ۱-۱۰ مقادیر مجاز عناصر مختلف را نشان می‌دهد.

جدول ۱-۱۰-۱- مقادیر مجاز عناصر مختلف در غذای حیوانات

نفره	کرم	سنبوم	ارستیک	کادمیوم	جیوه	سرب	عنصر
≤۵	≤۵	≤۱	≤۵	≤۱	≤۱/۲	≤۵	میزان مجاز (PPm)

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 متالورژیکی، باتری و شیمیایی.

نوع متالورژیکی 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 ناخالص‌هایی نظیر آلومینا، سیلیس و آهک از دیگر عوامل تعیین کننده کیفیت سنگ منگنز متالورژیکی هستند.

از آنجا که فسفر در مرحله ذوب قابل حذف شدن نیست مقدار آن در کانسنگ متالورژیکی باید کمتر از ۰/۲ درصد باشد، مشخصات کانسنگ منگنز مورد قبول در صنایع متالورژیکی در جدول ۱-۱۱ آمده است.

جدول ۱-۱۱- مشخصات کانسنگ منگنز مورد قبول در صنایع متالورژیکی

عنصر	درصد
Mn	≤۴۸
Fe	≤۶
Al _۲ O _۳	≤۷
Al _۲ O _۳ +SiO _۲	≤۱۱
As	≤۰/۱۸
P	≤۰/۱۹
Cu+Pb+Zn	≤۰/۳

کانسنگ منگنز نوع شیمیایی دارای حداقل ۳۵ درصد منگنز است ولی علاوه بر این باید خصوصیات دیگری نیز از نظر میزان ناخالصی‌ها و قابلیت اکسید شوندگی داشته باشد.

در کانسنگ مناسب برای باتری باید درصد MnO_2 لااقل در حدود ۷۵ تا ۸۵ درصد (معادل ۴۴-۵۴ درصد منگنز) باشد علاوه بر این مقدار فلزات موجود در سنگ که از روی الکترون‌گاتیوتر هستند نباید از ۵ درصد بیشتر باشد.

سنگ منگنز استخراجی به محصولات تجاری متنوعی تبدیل می‌شود که مهمترین آنها عبارتند از :

- فرومنگنز دارای کربن بالا (معمولا به عنوان فرومنگنز پالایش نشده معروف است)

- فرومنگنز دارای کربن متوسط یا کم (معمولا به عنوان فرومنگنز پالایش شده خوانده می‌شود).

- فرو - سیکلومنگنز

- فرو - منگنز - سیلیکون

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

- ترکیبات شیمیایی منگنز

- فلز منگنز

جدول ۱-۱۲ خصوصیات استاندارد ASTM را برای انواع فرومنگنزها نشان می‌دهد.

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

جدول ۱-۱۲- مشخصات ترکیبات نمونه فرو آلیاژ منگنز ASTM

Pb	S	P	Si	C	Fe	Mn	نوع آلیاژ	
ماکزیمم	ماکزیمم	ماکزیمم	ماکزیمم	ماکزیمم				
۰/۰۵	۰/۰۵	۰/۳۵	۱/۲	۷/۵	۷/۸-۱۱/۸	۷۸-۸۲	نوع A	فرو منگنز با کربن زیاد
۰/۰۵	۰/۰۵	۰/۳۵	۱/۲	۷/۵	۱۱/۸-۱۳/۸		نوع B	
۰/۰۵	۰/۰۵	۰/۳۵	۱/۲	۷/۵	۱۳/۸-۱۵/۸		نوع C	
۰/۰۵	۰/۰۴	۰/۳	۰/۷	۶/۷	۱۲-۱۴		نوع معمولی	
۰/۰۵	۰/۰۴	۰/۳	۱/۵	۱/۵	۱۱-۱۶		نوع A	فرو منگنز با کربن متوسط
۰/۰۵	۰/۰۲	۰/۳	۰/۳۵	۱/۵	۱۱-۱۶		نوع B	
۰/۰۲	۰/۰۲	۰/۲	۲	۰	۷-۱۲		فرو منگنز با کربن کم	
۰/۰۳	۰/۰۴	۰/۳	۰/۶-۱۸/۵	۲	۱۰/۵-۱۶		سیلیکون منگنز	
-	-	-	۱۸/۵-۲۱/۵	۱/۵	-		نوع A	فرو سیلیکون منگنز
-	-	-	۱۶-۱۸/۵	۲	-		نوع B	
-	-	-	۱۲/۵-۱۶	۳	-		نوع C	
۰/۰۵	۰/۰۴	۰/۵	۲۸-۳۲	۰/۰۸	۱-۸		فرو منگنز سیلیکون	

ماخذ: RosKill ۲۰۰۰ و منابع دیگر

میزان مصرف ظاهری فلز منگنز در جهان در طی این دوره (۱۹۹۷-۲۰۰۱) با نرخ رشد

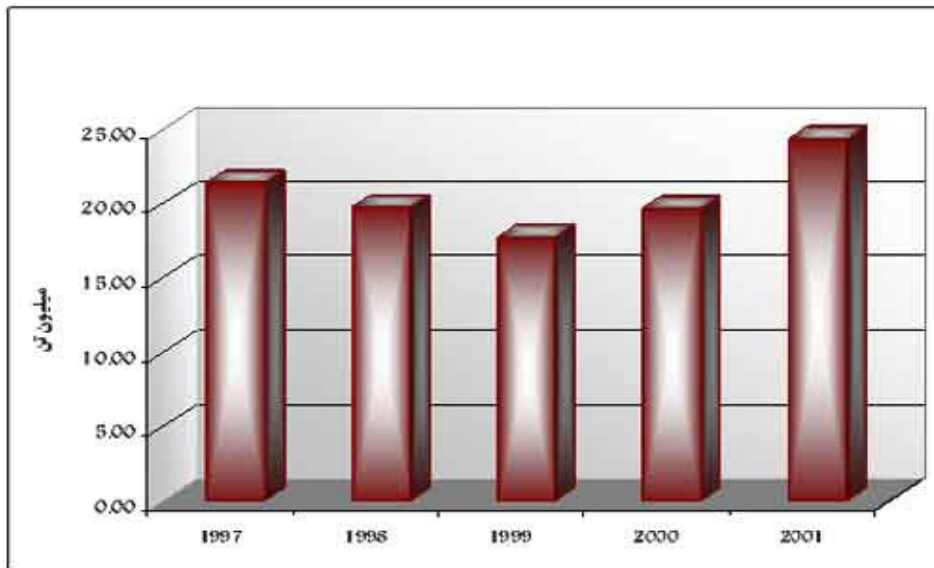
۱۲٪، از ۲۱/۴۴ میلیون تن در سال ۱۹۹۷ به ۱۷/۷۹ میلیون تن در سال ۱۹۹۹ و ۲۴/۳۸ میلیون تن

در سال ۲۰۰۱ افزایش یافته است (جدول ۱-۱۳).

جدول ۱-۱۳- میزان مصرف جهانی فلز منگنز در سال های ۱۹۹۷-۲۰۰۱ (میلیون تن)

سال	۱۹۹۷	۱۹۹۸	۱۹۹۹	۲۰۰۰	۲۰۰۱	درصد تغییرات
جهان	۲۱/۴۴	۱۹/۸	۱۷/۷۹	۱۹/۷۳	۲۴/۳۸	۱۲٪

منبع: World Mineral Statistics



شکل ۱-۱- میزان مصرف جهانی فلز منگنز در سال‌های ۱۹۹۷-۲۰۰۱

رشد منفی مصرف طی سالهای ۹۹-۹۷ و روند رو به رشد مصرف از سال ۹۹ تا سال ۲۰۰۱ از نمودار شکل ۱-۱ دریافت می‌گردد. بعبارت دیگر در منحنی سهمی شکل مصرف ظاهری جهانی، کمترین مقدار طی دوره زمانی مربوط به سال ۱۹۹۹ بوده است. همچنین میانگین مصرف ظاهری طی سال‌های منتهی به سال ۲۰۰۱ در حدود ۲۰/۶ میلیون تن برآورد می‌گردد. یکی از عوامل اصلی کاهش مصرف جهانی در سال ۹۹، کاهش مصرف ظاهری منگنز اکراین در این دوره زمانی می‌باشد.

۱-۶- 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 (Ferruginous Manganese Ore) با منگنز بین ۱۰ تا ۲۰

درصد

- کانسنگ آهن منگن‌دار (Manganiferous Iron Ore) با منگنز بین ۵ تا ۱۰ درصد

هر چند ذخایر منگنز ممکن است در طیف وسیعی از شرایط و تشکیلات زمین‌شناسی از پرکامبرین تا سنوزوییک پیدا شوند، با این وجود ۷۰ درصد ذخایر شناخته شده در تشکیلات زمین‌شناسی سنوزوییک وجود دارند و ۱۰ درصد نیز در سنگهای کامبرین یافت می‌شوند. وجود ذخائر مهم منگنز در سنگهای دوران مزوزوییک نادر است بجز در مورد ذخائر منطقه گروت آیلنت در کشور استرالیا و مولانگو در کشور مکزیک بزرگترین و اقتصادی‌ترین ذخائر منگنز از نوع رسوبی بوده و به شکل تقریباً لایه‌ای 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 ماهاراشترای هندوستان هستند.

انواع دیگری از ذخایر منگنز در ارتباط با تشکیلات رسوبی آهنی دوران پرکامبرین یافت شده‌اند 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 برجای منگنز نیز تحت شرایط مناطق حاره دچاره هوازدگی شده و این امر منجر به غنی‌تر شدن کانسار و تبدیل کانی‌های منگن‌دار کم‌عیار به کانی‌های پرعیارتری نظیر پیرولوزیت 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 زمین‌شناسی آمریکا (USGS) ذخائر منگنز را در گروه ذخایر اقتصادی و پایه منتشر می‌کند. ذخایر اقتصادی شامل ذخایری می‌شوند که استخراج آنها در شرایط فعلی امکان‌پذیر و اقتصادی می‌باشد. ذخائر پایه شامل مجموعه ذخائر اقتصادی و غیراقتصادی 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 ذخایر پایه جهان مقدار استخراج ۶۸۰ میلیون تن آن در شرایط فعلی اقتصادی می‌باشند. در جدول ۱-۱۴ کشورهای عمده تولید کننده منگنز ارائه شده است.

جدول ۱-۱۴- کشورهای عمده تولید کننده منگنز

	Mine production		Reserves ¹⁰	Reserve base ¹⁰
	2004	2005 ^e		
United States	—	—	—	—
Australia	1,300	1,340	68,000	130,000
Brazil	^e 1,300	1,300	23,000	51,000
China	^e 900	900	40,000	100,000
Gabon	^e 1,100	1,300	20,000	160,000
India	^e 630	640	93,000	¹¹ 160,000
Mexico	136	136	4,000	9,000
South Africa	1,905	2,200	32,000	¹¹ 4,000,000
Ukraine	810	720	140,000	520,000
Other countries	1,270	1,250	Small	Small
World total (rounded)	^e 9,350	9,790	430,000	5,200,000

۱-۷- زمین‌شناسی و پراکندگی کانه در ایران

کانسارهای شناخته شده منگنز در ایران محدود بوده و به طور کلی در دونین، پرکامبرین - دونین، کرتاسه، پالتوژن و نئوژن آثار کانی‌سازی منگنز شناسایی شده است. اگرچه امکان وجود منگنز در سازندهای پالتوژوئیک به خصوص در رخساره‌های ولکانوژنیک را نباید نادیده گرفت.

به طور کلی براساس داده‌های زمین‌شناسی ایران و ویژگیهای آثار و منابع شناخته شده،

کانسارهای منگنز در کشور را می‌توان به سه گروه اصلی تقسیم کرد:

۱- کانسارهای رسوبی همراه با توف، مواد آتشفشانی و رسوبات تخریبی

۲- کانسارهای گرمابی و رگه‌ای مرتبط با فعالیت‌های ولکانو - پلوتونی

۳- کانسارهای جایگزین شده در سازندهای آهکی

با توجه به سن و خصوصیات چینه‌شناسی سازندهای منگنز از نظر توزیع زمانی - مکانی و

کانسارهای شناخته شده، تقسیم بندی زیر را ارائه کرده است:

- کانسارهای آهن - منگن‌دار، از چرخه متالورژی پان‌آفریقا در ایران مرکزی نظیر کانسار

ناریگان.

- کانسارهای منگنز حاصل از فروهشته‌های بستر اقیانوس در سازندهای دگرگونی در

طبقات با ویژگیهای افیولیتی مانند کانسارهای پتیار و ترکمن در ناحیه انارک.

- کانسارهای منگنز در کانسارهای آهن کرتاسه، مانند کانسار شمس آباد در اراک.

- کانسارهای منگنز در سازندهای افیولیتی کرتاسه - پالئوژن در کمربند افیولیتی ایران نظیر

کانسارهای آب‌بند در نیریز، گونیچ در خاش، بنسپورد و اسد در سبزوار.

- کانسارهای منگنز از نوع آتشفشانی - رسوبی و گرمابی (ولکانو - پلوتونی) در مجموعه

آذرآواری و آتشفشانی پالئوژن نظیر کانسارهای ونارچ، رباط‌کریم، بزنی و غیره.

- کانسارهای وابسته به فعالیت‌های آتشفشانی عهد حاضر نظیر قرلچه مراغه.

کانسارهای گرمابی (هیدروترمال) از جمله کانسارهای ولکانوپلوتونی به شمار می‌آیند که در محدوده سری آتشفشانی و آتشفشانی - رسوبی جنوب تهران تا انارک را شامل می‌گردند. این کانسارها دارای ذخایر کوچک بوده ولی از عیار خوبی برخوردارند مانند کانسار رباط کریم و بزنی. زون سنندج - سیرجان با ویژگیهای خاص زمین‌شناسی که داراست، می‌تواند خاستگاهی برای کانی‌سازی منگنز از نوع آتشفشانی - رسوبی باشد که به واسطه دگرگونی‌های مؤثر بر آن برای کانسارهای دگرگونی مناسب قلمداد شود. شاید همین شرایط مناسب و پرمایگی ژئوشیمیایی منگنز در این زون سبب گردیده تا در ادوار رسوبگذاری بعدی به عنوان تغذیه منگنز برای کانسارهای آهن - منگنز در میزبان‌های کربناتی نقش مؤثر ایفا بنماید.

کانسارهای رسوبی افیولیتی در رابطه با حوضه اقیانوسی نئوتیتس (پوسته اقیانوسی یعنی کمپلکس‌های افیولیتی کرتاسه) در ناحیه سبزواری - نایین - ونارچ می‌باشد. کانسار آب‌بند در افیولیت‌های زاگرس جای دارد و کانسار گونیچ در ناحیه خاش وابسته به زون افیولیتی بلوچستان - سیستان می‌باشد.

آثار کانی‌سازی منگنز در افیولیت‌های میناب، مکران و زابلی و کانسارهای اطراف سبزواری نایین نیز متعلق به کمربند افیولیتی اطراف بلوک ایران مرکزی - لوت است. کانسار ونارچ و آثار محدودی از کانی‌سازیه‌های مشابه در زون آتشفشانی قوس پالتوسن - ائوسن ایران مرکزی جای دارد که احتمالاً از شمال خاور و جنوب خاور به گونه‌ای مرتبط از حوضه اقیانوسی و کمربند آتشفشانی کمانی سبزواری نایین تا کاستان بوده است. گسترش سنگهای آتشفشانی و حوضه ولکانوژنی احتمالاً در روی پوسته‌ای با ترکیب اقیانوسی جای دارد. فعالیت محلولهای گرمایی در

بستر حوضه منجر به رهاسازی آهن و منگنز از سنگهای آتشفشانی است که حاصل آن تشکیل محیط دریایی بارور از فلزات مذکور بوده است.

با کاهش فعالیت آتشفشانی و تقلیل مواد احیاء‌کننده که توام با پیروی و کاستن از ژرفای حوضه بود. شرایط pH و Eh تغییر کرده و زمینه مناسب برای تشکیل کانسار نوع ونارچ فراهم شده است. ادامه چرخش محلولهای گرمایی و پویایی تکنو - ماگمایی در واپسین دوره فعالیت ماگمایی توانسته کانسارهای رگه‌ای را بسازد.

کانسارهای نوع کربناتی از گونه چاه‌باشی، شمس‌آباد (اصفهان - ملایر) وابسته به حوضه ساحلی کرتاسه است که در لبه پی سنگ کیمرین در جوار شکستگی‌های حین رسوبگذاری و روی آن تشکیل گرفته است. آثار چند کانی‌سازی منگنز نیز در مجموعه‌های گنبدیهای نمکی زاگرس دیده می‌شود.

پلاتفرم شکل گرفته در پالئوزوئیک و به خصوص در حاشیه جنوبی آن (همجوار با زون سنندج سیرجان) می‌توانسته خاستگاه کربناتی - پلاتفرمی مناسبی را برای انباشتگی منگنز و آهن به وجود آورده باشد که فرجام آن احتمالاً کانسارهای هنشک و ده‌بید می‌تواند به حساب آید. منگنز انباشته شده در این زون احتمالاً می‌توانسته از فرسایش کانسارهای و سازندهای منگنزدار حوضه ایران مرکزی یا فعالیت آتشفشانی زیردریایی زون سنندج - سیرجان منشاء گرفته باشد.

کمر بند آتشفشانی کامل ایران مرکزی (حوضه سبزوار - نایین - تاکستان) از نظر پس سنگ و فرآیندهای ماگمایی، مناسب انباشت منگنز در این بخش از کشور است و می‌توان به عنوان یک حوضه معدنی شناسایی شود. در این حوضه کانسارهای تیپ ونارچ و تیپ رباط‌کریم پی‌جویی و اکتشاف است.

رخدادهای کیمرین نقش بارز و سازنده‌ای در تشکیل کانسارهای ماگماتوژن منگنز نداشته ولی شکل‌گیری پی سنگ کیمرین با تشکیل پلاتفرم و حوضه حاشیه‌ای روی آن محیط، مناسب کانسارهای نوع شمس‌آباد شده است.

فعال شدن پوسته حدواسط شکل‌گرفته در چرخه تکتونیکی آلپی میانی، فعالیت ماگماتیسم به صورت آتشفشانی ریوداسیتی، ریولیتی و نفوذی (نیمه عمیق و پورفیری) سبب جابه‌جایی منگنز سنگ پی با محلول‌های گرمابی است و کانسارهای نوع گرمابی (تیپ رباط کریم و بزنی) را می‌توان در زونهایی که بستری از سنگهای آتشفشانی کافتی داشته و متأثر از باز‌فعالی ماگمایی شده است، مشاهده نمود.

از نظر منشاء، کانسارهای منگنز در ایران می‌توان به سه گروه تقسیم کرد:

- منشاء گرمابی

- منشاء رسوبی آتشفشانی

- منشاء دگرسانی گرمابی

کانسارهای منگنز با منشاء گرمابی در ایران پراکندگی زیادی دارند ولی بیشتر تمرکز آنها در مرکز و شمال ایران می‌باشد، به طور کلی در نقاطی که تشکیلات ائوسن بیرون‌زدگی دارد و در تشکیلات آندزیتی و داسیتی و همچنین در نواحی ماگماهای گرانیته بعد از ائوسن باید به دنبال این نوع کانسارها گشت.

از نمونه این کانسارها می‌توان کانسار رباط کریم و چاه گبری را نام برد. مشخصه مهم این نوع کانسارها را می‌توان عیار نسبتاً خوب و ذخیره کم منگنز و پراکندگی آن در کل کانسار را نام

برد. مقدار منگنز در این نوع کانسارها بین ۲۵-۴۵ درصد و مقدار سیلیس بالا و مقدار آهن و منیزیم کم می‌باشد.

کانسارهای منگنز با منشاء رسوبی آتشفشانی در مجاورت تشکیلات آمیزه رنگین قرار دارند. سن آنها در قسمت‌های مختلف ایران کرتاسه بالایی و پالئوژن بوده و شامل تشکیلات متناوب اولترابازیک‌های سرپانتینی شده با سنگ بستر کربناتی سیلیسی است، این ذخایر خارج از مناطق آمیزه رنگین در ایران نیز شناخته شده‌اند که منشاء رسوبی آتشفشانی داشته و مربوط به دوره الیگو - میوسن است که به عنوان مثال می‌توان کانسار ونارچ را می‌توان نام برد.

گسترش جالب کانسارهای با این منشاء و ذخیره قابل توجه آنها سبب افزایش اهمیت این نوع کانسارها می‌گردد، که در ایران در دوره زمانی کرتاسه پالئوسن و الیگوسن - میوسن دیده می‌شوند.

تشکیلات کرتاسه - پالئوژن همزمان با فعالیت کوهزایی آلپی در ایران به وجود آمده است. این تشکیلات شامل توده‌های آتشفشانی ناپایدار سیلیس، متشکل از توفهای سیلیسی و لائو، سنگهای سیلیسی کربناته است که یک حالت جانشینی تدریجی را دارد.

در تشکیلات الیگومیوسن، منگنز حضور محدودی دارد. رسوبات آتشفشانی خاکستری رنگ شامل توفهای ماسه‌ای و کنگلومراهای جنوب قم حاوی کانسنگ منگنز است. همچنین در ۹۰ کیلومتری شرق کاشان، در سری‌های آهکی خاکستری رنگ الیگومیوسن آثار منگنز مشاهده شده است. ضمناً ذخایری از منگنز با منشاء رسوبی شیمیایی (غیر آتشفشانی) در مناطقی از ایران دیده شده که از ذخیره بالایی برخوردار نیست مانند کانسارهای دیبکلو و چوگندی - ایده‌لو در آذربایجان شرقی.

کانسارهای منگنز با منشاء دگرسانی گرمابی در سنگهای دگرسان‌شده کربناته و سیلیکاته دیده می‌شوند. سن تشکیلات دارای این کانسارها کامبرین زیرین - کرتاسه بالایی می‌باشد. به دلیل وجود ذخایر بسیار بالای این نوع کانسارها در ایران باید اهمیت زیادی برای آن قائل شد.

۸-۱- مطالعات فرآوری

هدف از فرآوری منگنز تولید محصول با مشخصات مورد نیاز در صنایع مصرف‌کننده است. به دلیل پایین بودن عیار منگنز در اکثر کانسارهای شناسایی شده در ایران و جهان و همچنین نیاز به محصول با عیارهای بسیار بالا در اغلب صنایع مصرف‌کننده منگنز، بکارگیری روشهای مختلف پری‌عیارسازی برای تغلیظ سنگ استخراج شده لازم و ضروری است.

مصرف عمده منگنز در ایران در صنایع فولاد می‌باشد هر چند که مقدار اندکی نیز در باتری‌سازی، صنایع شیمیایی و ... مصرف می‌شود. در حال حاضر میزان تولید فولاد در کشور از رشد قابل توجهی برخوردار است یعنی علاوه بر اینکه اکثر کارخانه‌ها در کشور میزان تولید خود را افزایش داده‌اند، طرحهای دیگری نیز در استانهای مختلف در حال اجرا هستند که بهره‌برداری از فازهای اول برخی از آنها شروع شده و بقیه نیز به زودی به بهره‌برداری خواهند رسید. بنابراین کارخانه‌های تولید فولاد و یا طرحهای در دست اقدام در این زمینه می‌تواند احداث و یا توسعه واحدهای فرآوری منگنز را تحت تاثیر قرار دهد.

در صورتی که واحدهای تولید و فرآوری منگنز و یا تولید فرومنگنز در نزدیکی کارخانه‌های فولاد و یا حداقل در استانهای همجوار واقع شده باشند، بهتر است جهت تامین منگنز مصرفی، واحد تولید‌کننده منگنز توسعه داده شود و لزومی به احداث واحد جدید نخواهد بود.

البته در صورت نزدیکی واحد فرآوری سنگ منگنز به کانسارها و پتانسیل‌های شناخته شده منگنز توسعه واحد موجود بر احداث واحد فرآوری جدید ارجح خواهد بود ولی در صورتیکه ذخایر قابل توجهی در استانهایی که دارای کارخانه تولید فولاد، باتری‌سازی و یا طرحهای در دست اقدام هستند شناسایی شده و قابل بهره‌برداری باشند جهت تأمین منگنز و یا محصولات مورد نیاز آن، احداث واحد جدید فرآوری و تولید منگنز در استان مذکور لازم و ضروری خواهد بود.

نتیجتاً اینکه جهت بهبود وضعیت اقتصادی کشور و رسیدن به خودکفایی اقتصادی لازم است که تولید داخلی منگنز و محصولات مختلف آن افزایش یافته و از میزان واردات محصولات مختلف منگنز که سالانه منجر به خروج مبالغ زیادی ارز از کشور می‌گردد کاسته شود. البته با افزایش میزان تولید می‌توان علاوه بر تأمین نیازهای داخلی به صادرات منگنز و محصولات مختلف آن نیز پرداخت که این خود می‌تواند کمک شایانی در رشد اقتصادی کشور داشته باشد.

لذا جهت دستیابی به خواسته‌های فوق، انجام مطالعات و تحقیقات فرآوری بر روی پتانسیل‌های موجود ضرورت خواهد داشت و در صورت مثبت بودن نتیجه مطالعات، احداث واحدهای فرآوری منگنز و یا توسعه و بازسازی واحدهای موجود الزامی خواهد بود. نمونه‌ای از کارخانه فرآوری منگنز (ونارچ قم) ارائه شده است.

۱-۸-۱- منگنز ونارچ قم

عمده خوراک کارخانه، سنگ منگنز با کانی پیرولوزیت است که از معدن منگنز ونارچ واقع در ۷۰۰-۵۰۰ متری کارخانه تأمین می‌شود. ناخالصی‌های عمده خوراک، هماتیت و سیلیس

می‌باشد. براونیت نیز به عنوان کانی منگنز در این معدن موجود است. شکل کانسار به صورت لایه‌ای بوده و استخراج آن به روش کندوآکند انجام می‌گیرد.

خوراک حمل شده از معدن به داخل محوطه‌ای تخلیه می‌شود تا در آنجا مواد درشت‌دانه بوسیله سنگجوری دستی جدا گردد. مواد بعد از سنگجوری به کارخانه حمل و توسط کامیون بر روی یک گریزلی، تخلیه می‌شود. مواد کوچکتر از دهانه گریزلی وارد سیلوی ذخیره سنگ شکن فکی می‌گردد. سپس مواد توسط فیدر شاتونی از سیلو خارج شده و با ظرفیت ۷۰ تن بر ساعت از طریق نوار نقاله به سنگ شکن فکی هدایت می‌شود. خروجی سنگ شکن فکی وارد یک سرند دو طبقه می‌گردد. مواد درشت تر از ۲۵ میلیمتر بر روی طبقه فوقانی سرند (ضربه گیر) باقی مانده به همراه مواد میانی سرند به سنگ شکن مخروطی منتقل می‌شود و ذرات زیر ۲ میلیمتر که عمدتاً حاوی هماتیت است به محل انباشت باطله ارسال می‌گردد. خروجی سنگ شکن مخروطی بر روی سرند مرحله دوم انتقال می‌یابد. ذرات با دانه بندی ۱۰-۱ میلیمتر وارد انبار ذخیره محصول شده و درشت تر از ۱۰ میلیمتر به عنوان بار در گردش به داخل سنگ شکن مخروطی برگشت داده می‌شود. در صورتی که عیار منگنز محصول سنگ شکنی کمتر از ۲۱/۵ درصد باشد به بخش جدایش ثقلی منتقل می‌شود. مواد وارد ۲ بونکر و پس از آن وارد دو جیگ سه سلولی که به صورت موازی قرار دارند می‌شود. به این ترتیب محصولاتی با عیار ۲۸/۵-۲۱/۵ درصد منگنز به دست می‌آید.

فصل دوم

زمین‌شناسی و موقعیت جغرافیایی

کانسنگ منگنز قاسم آباد

۲- زمین‌شناسی و موقعیت جغرافیایی کانسنگ منگنز قاسم آباد

این کانسار در جنوب باختری استان کرمان در فاصله ۲۳۵ کیلومتری از مرکز استان بخشی از چهارگوش ۱:۲۵۰۰۰۰ زمین‌شناسی حاجی‌آباد در ورقه ۱:۱۰۰۰۰۰ استخر وئیه واقع می‌باشد. برای دسترسی به آن پس از طی حدود ۱۵۰ کیلومتر در جاده کرمان - بافت وارد بخش ارزوئیه می‌شویم. پس از طی حدود ۴۰ کیلومتر به آبادی زرآب می‌رسیم. از این آبادی جاده فرعی خاکی به سمت جنوب خاور جدا می‌شود که پس از تقریباً حدود ۲۰ کیلومتر به بخش طرنک می‌رسیم. از محل این بخش جاده فرعی به طرف آبادی پیر و سپس به محل معدن قاسم‌آباد می‌رسد.

از نظر جایگاه و ویژگی‌های ساختاری این کانسنگ در یال جنوبی ناودیس با امتداد اثر محوری N70W با شیب لایه‌بندی حدود ۴۰-۵۰ درجه به سوی شمال باختر قرار دارد. توالی سنگ‌شناسی واحدهای سنگی محدوده معدن در پائین‌ترین بخش‌ها شامل گدازه‌های با ترکیب بازیک، حد واسط و اسیدی است. این گدازه‌ها در قسمت بالا یعنی در هسته ناودیس توسط واحد سبز رنگی متشکل از توف و گدازه با ترکیب آندزیتی پوشیده می‌شود. یک توالی رسوبی شامل چرت‌های ضخیم لایه تیره تا قهوه‌ای (سنگ میزبان ماده معدنی) با ضخامت حدود ۲۰ متر و چرت‌های نازک لایه به رنگ قرمز ارغوانی در تناوب با شیل‌های قرمز، بخش بعدی توالی‌های سنگی ناحیه معدن را تشکیل می‌دهد که به طور همشیب با واحد توفی و بر روی آن قرار دارد. آخرین واحد سنگی شامل سنگ‌های با اختصاصات فلیش، متشکل از شیل و ماسه سنگ‌های سبز مایل به زیتونی واجد سنگ‌واره‌های گیاهی به سن ژوراسیک می‌باشد.

از این کانسار یک نقشه با مقیاس ۱:۵۰۰ و گزارش در قالب طرحی با عنوان "بهره‌برداری معدن منگنز قاسم‌آباد، شهرستان بافق" موضوع گواهینامه کشف شماره ۴۳۶۶ مورخ ۷۴/۷/۱۱ توسط شرکت معادن فاریاب در سال ۱۳۷۴ تهیه شده است که خلاصه‌ای راجع به کانی‌سازی، ژئوشیمی و ذخیره کانسار به شرح زیر از آن اخذ شده است:

کانی‌های تشکیل‌دهنده کانسار منگنز قاسم‌آباد شامل براونیت، بیگسبیت، پیرولوزیت است که همراه با کانی‌های هماتیت، کوارتز، کلسیت و گوتیت می‌باشد.

کانسار منگنز قاسم‌آباد در دو رخنمون جدا به نام رخنمون خاوری و رخنمون باختری مورد بررسی و ارزیابی قرار گرفته است که اختصاصات ژئوشیمیایی و ذخیره متفاوتی دارند. کانسار در هر کدام از رخنمون‌ها به ذخایر کم‌عیار (کمتر از ۱۵ درصد)، عیار متوسط (بین ۱۵ تا ۳۰ درصد)، درجه ۱ (بیش از ۳۰ درصد و کمتر از ۴۵ درصد)، و سوپر‌گرید (بیش از ۴۵ درصد) نیز تقسیم و برای هر یک جداگانه محاسبه شده است. جدول ۱-۲ خلاصه‌ای از ژئوشیمی این کانسار را نشان می‌دهد.

جدول ۱-۲- ژئوشیمی رخنمون‌های خاوری و باختری کانسنگ منگنز قاسم‌آباد کرمان

نام رخنمون	MnO%	SiO ₂ %	Fe ₂ O ₃ %	ذخیره قطعی (تن)	ذخیره احتمالی (تن)
خاوری	۲۷/۶۴-۴۱/۲۸	۲۰/۹۸-۴۲/۰۴	۱-۲۱	۱۱۹۰۰۰	۲۳۸۰۰۰
باختری	۸-۲۸	۳۰-۴۱	۱۷-۲۱	۷۶۵۰۰	۱۵۳۰۰

کانسار منگنز قاسم‌آباد مانند بسیاری از کانسارهای منگنز در ایران به صورت مجموعه‌ای از چندین عدسی نزدیک به هم است که به نظر می‌رسد حاصل نهشت محلول‌های کانه‌دار گرمابی

(hydrothermal) خارج شده از دودکش‌های پوسته اقیانوسی (آتشفشان برون‌دم) بوده است که همزمان با نهشت چرت‌های ضخیم لایه خاکستری تیره تا قهوه‌ای موجود در توالی تریاس بالا-ژوراسیک بالا در منطقه بافت بوجود آمده است.

در توضیح همراهی ترکیبات سیلیس می‌توان گفت که اصولاً محلول‌های کانه‌داری که در اثر فوران‌های زیردریایی وارد آب می‌شود علاوه بر یون‌های منگنز حاوی یون‌های آهن و سیلیسیم نیز می‌باشد که معمولاً در یک pH معین ترکیبات این ۳ یون با هم نهشت می‌شوند که در غالب اوقات کانه‌های منگنز به ویژه پسیلوملان با سیلیس (به صورت غالباً چرت) و اکسیدهای آهن (معمولاً گوتیت و لیمونیت) دیده می‌شود و یک درگیری و یا هم‌رشدی نزدیکی بین اکسیدهای آبدار آهن و منگنز در معیت چرت‌های آغشته به اکسیدهای آهن دیده می‌شود.

فصل سوم

نمونه‌برداری، آماده‌سازی و

آنالیز سرنندی نمونه

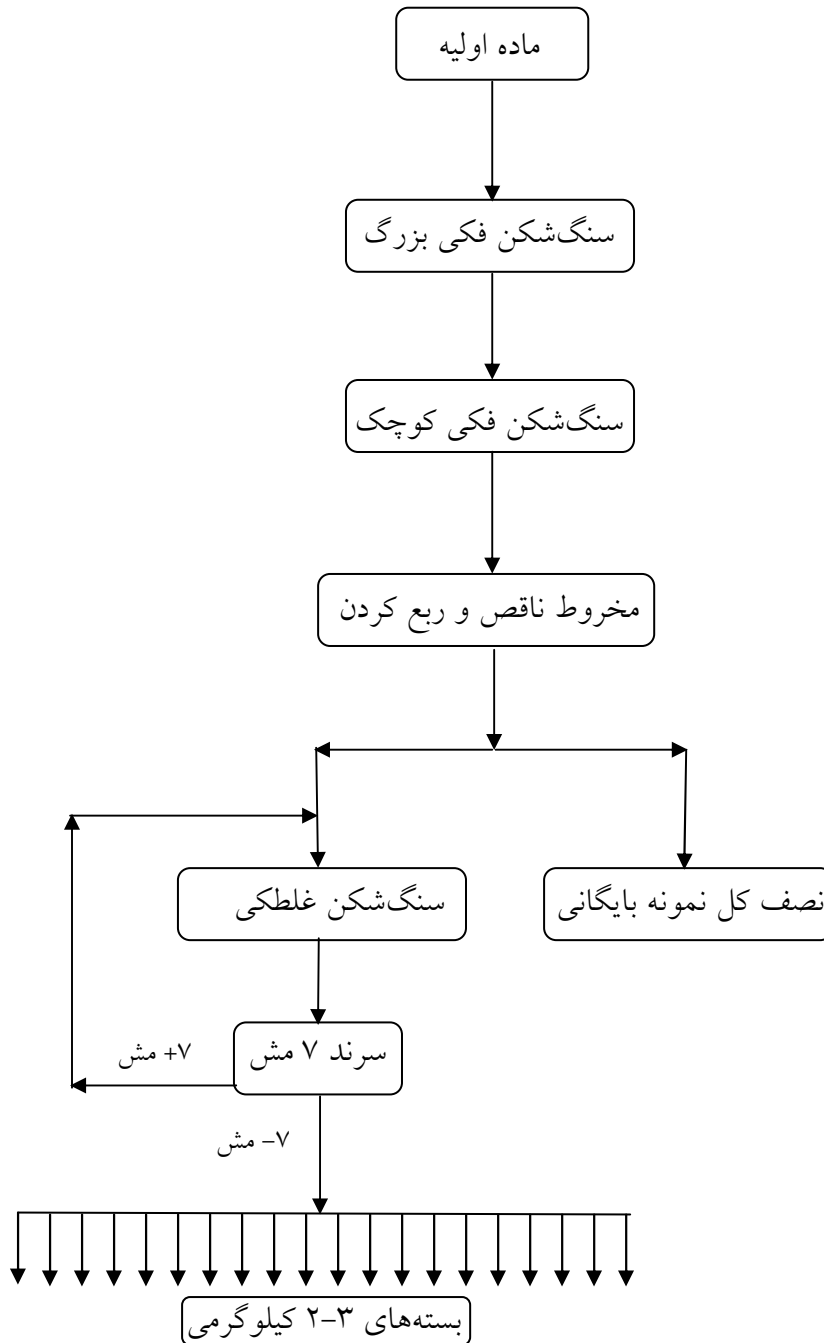
۳- نمونه‌برداری، آماده‌سازی و آنالیز سرندي نمونه

نمونه مورد نظر از محل دپوی ماده معدنی در بلافصل و نزدیک کانسار منگنز با مختصات $28^{\circ}36'21.3''$ درجه شمالی و $56^{\circ}52'12''$ درجه خاوری به وزن تقریبی ۱۲۰ کیلوگرم از بخش‌های کم‌عیار برای بررسی‌های کانه‌آرایی جمع‌آوری شد.

کل نمونه ابتدا از سنگ‌شکن‌های فکی بزرگ و کوچک عبور داده شد و سپس مخلوط و همگن گشته و با روش مخروط ناقص و ربع کردن به دو بخش تقسیم گردید. نصف کل نمونه تقسیم شده به عنوان نمونه پشتیبان کنار گذاشته شد و نصف باقیمانده از سنگ‌شکن غلطکی در مدار بسته با سرندي ۷ مش (۲۸۳۰ میکرون) طی چند مرحله عبور داده شد، بعد از این مرحله محصول بدست آمده توسط ریفل (تقسیم‌کننده شانه‌ای) به بسته‌های ۲-۳ کیلوگرمی تقسیم شدند، بطوریکه فلوشیت عملیات در شکل ۱-۳ ارائه گردیده است.

از یکی از این بسته‌های ۲ کیلوگرمی توسط تقسیم کردن‌های متوالی ۳ نمونه معرف گرفته شد تا جهت تجزیه شیمیایی کامل، کانی‌شناسی میکروسکپی و XRD به کار روند. نتایج این آنالیزها در بخش شناسایی نمونه ارائه خواهد شد.

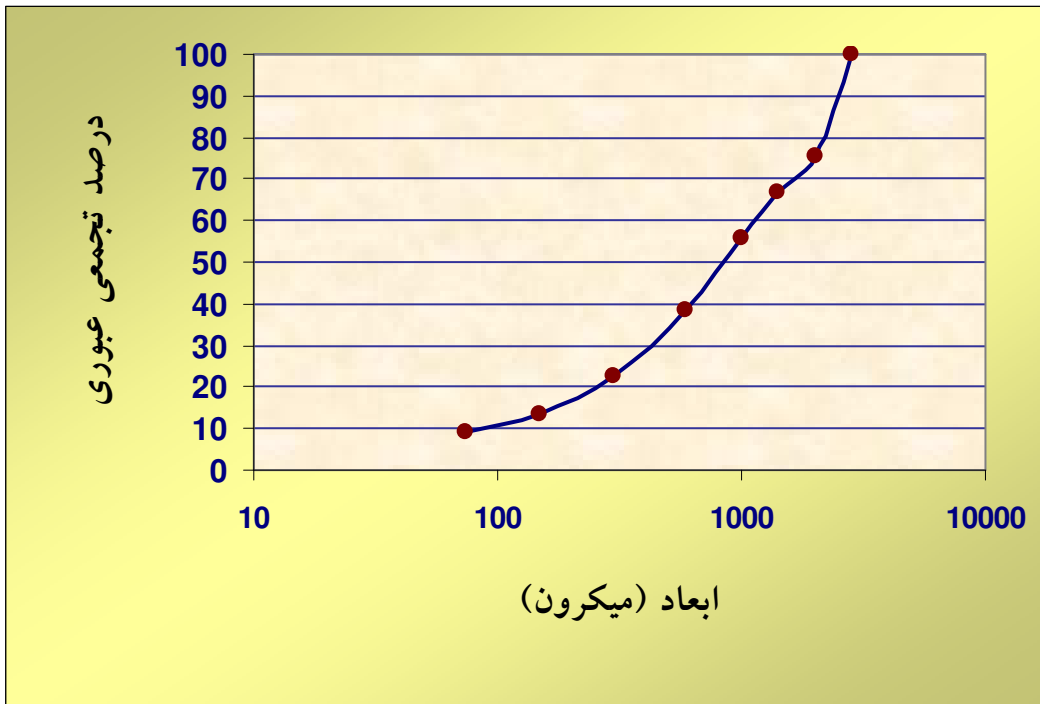
در ادامه یکی از بسته‌های نمونه اولیه ۷ مش شده از سرنديهای ۱۰، ۱۴، ۱۸، ۳۰، ۵۰، ۱۰۰ و ۲۰۰ مش به صورت تر عبور داده شد و وزن هر بخش از ماده معدنی تعیین گردید همچنین از هر کدام از این بخشها نمونه‌ای نیز برای آنالیز ارسال گردید. نتیجه این عملیات در جدول ۱-۳ ارائه شده است.



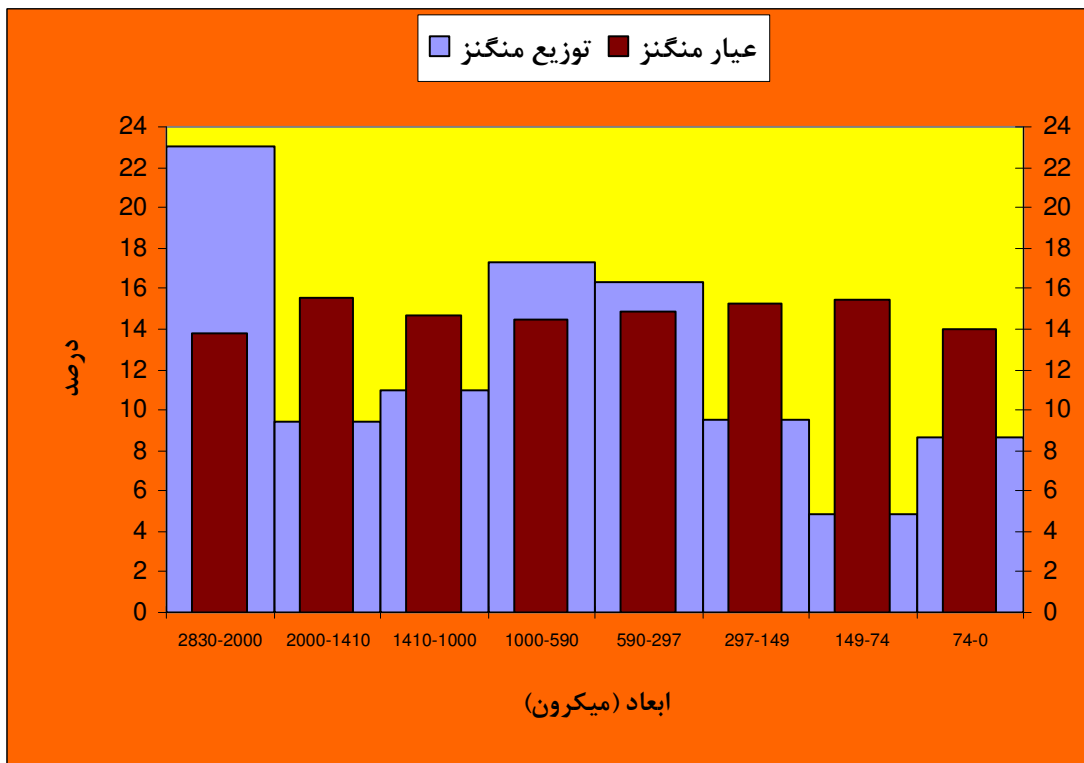
شکل ۳-۱- فلوشیت آماده سازی نمونه های اولیه منگنز قاسم آباد

جدول ۳-۱- دانه بندی و توزیع عیار منگنز

منگنز (%)		درصد وزنی تجمعی		درصد وزنی	وزن (گرم)	ابعاد ذرات	
توزیع	عیار	عبور کرده	باقیمانده			میکرون	مش
۲۳/۰۳	۱۳/۸۲	۷۵/۷	۲۴/۳	۲۴/۳	۶۴۲	-۲۸۳۰+۲۰۰۰	-۷+۱۰
۹/۴۱	۱۵/۵۸	۶۶/۹	۳۳/۱	۸/۸	۲۳۲	-۲۰۰۰+۱۴۱۰	-۱۰+۱۴
۱۰/۹۹	۱۴/۷	۵۶	۴۴	۱۰/۹	۲۸۷	-۱۴۱۰+۱۰۰۰	-۱۴+۱۸
۱۷/۳	۱۴/۵	۳۸/۶	۶۱/۴	۱۷/۴	۴۵۸	-۱۰۰۰+۵۹۰	-۱۸+۳۰
۱۶/۳	۱۴/۸۵	۲۲/۶	۷۷/۴	۱۶	۴۲۲	-۵۹۰+۲۹۷	-۳۰+۵۰
۹/۵۵	۱۵/۲۹	۱۳/۵	۸۶/۵	۹/۱	۲۴۰	-۲۹۷+۱۴۹	-۵۰+۱۰۰
۴/۸۸	۱۵/۴۸	۹	۹۱	۴/۵	۱۱۸	-۱۴۹+۷۴	-۱۰۰+۲۰۰
۸/۶۳	۱۳/۹۷	۰	۱۰۰	۹	۲۳۸	-۷۴	-۲۰۰
۱۰۰	۱۴/۵۸	—	—	۱۰۰	۲۶۳۷	—	مجموع



شکل ۳-۱- منحنی دانه بندی منگنز قاسم آباد



شکل ۳-۲- عیار و توزیع منگنز در دانه بندی های مختلف

فصل چهارم

شناسایی نمونه

۴- شناسایی نمونه

۴-۱- تجزیه شیمیایی

نتایج حاصل از تجزیه شیمیایی کامل نمونه اولیه معدن منگنز قاسم آباد بصورت جدول زیر

خلاصه شده است.

جدول ۴-۱- نتایج آنالیز شیمیایی نمونه اولیه منگنز قاسم آباد

درصد	ترکیب
۴۵/۸۴	SiO ₂
۲/۹۵	Al ₂ O ₃
۱۵/۰۲	Fe ₂ O ₃
۷/۴	CaO
۰/۱۳	TiO ₂
۰/۲۳	SO ₃
۰/۵۴	MgO
۱۹/۹۵	MnO
۰/۱۹	Na ₂ O
۰/۰۹	P ₂ O ₅
۰/۲۴	K ₂ O
۶/۲۴	L.O.I
۹۸/۸۲	مجموع

با توجه به درصد MnO، میزان منگنز موجود در نمونه ۱۵/۴۵ درصد محاسبه می شود.

۴-۲- کانی‌شناسی توسط اشعه X

کانیهای اصلی تشکیل دهنده ماده معدنی به ترتیب فراوانی با استفاده از روش اشعه X به صورت زیر گزارش شده است:

کوارتز، هماتیت، پیرولوویت، کلسیت و گوتیت.

۴-۳- مطالعات میکروسکپی و تعیین درجه آزادی

۴-۳-۱- کانسنگ

از آنجایی که نمونه معدن قاسم‌آباد حاوی قطعات کانه‌دار با عیارهای مختلف بوده است سعی شد تا از سه بخش پر عیار، عیار متوسط و عیار پائین از هر کدام حداقل ۱ مقطع صیقلی تهیه شود.

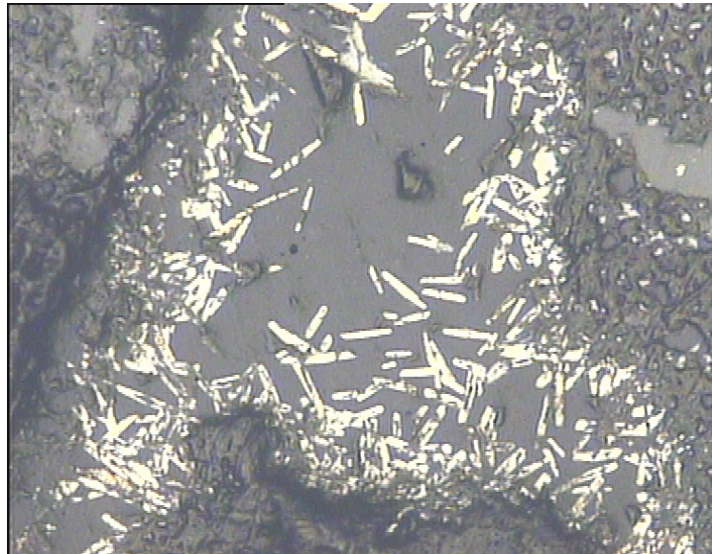
انواع کانی‌ها و درصد تقریبی آن‌ها در نمونه عیار بالا به این صورت می‌باشد: پسیلوملان، پولیانیت- پیرولوویت، کریپتوملان، بیکسبیت، براونیت جمعا حدود ۴۰-۳۵ درصد، اکسیدهای آهن به صورت هماتیت، گوتیت و لیمونیت حدودا ۳۰ درصد، گانگ غیرفلزی (کوارتز نهان بلور و...) حدود ۳۵-۳۰ درصد همچنین در مقطع نازک کانی باریت به مقدار حدود ۱ درصد مشاهده شد.

کانی‌سازی منگنز در این نمونه به دو بخش متمایز قابل تفکیک می‌باشد. بخش پرعیار شامل لایه‌هایی از اکسیدهای منگنز با ضخامت حدود ۱/۴-۰/۳ میلی‌متر است که میزان گانگ درگیر با آن در حدود ۱۵-۱۰ درصد برآورد می‌شود. با وجود این در قسمت‌هایی از این لایه‌ها کانی‌سازی منگنز توده‌ای و متراکم است به طوری که حتی با بزرگنمایی‌های زیاد نیز آثاری از گانگ درگیر با آن قابل مشاهده نیست. این بخش حدود ۲۵ درصد از سطح مقطع را به خود

اختصاص داده است. بقیه کانی‌سازی منگنز در فواصل بین این بخش‌های لایه‌ای شکل، فضای بین اکسیدهای آبدار آهن و گانگ غیرفلزی را پر کرده است و شامل لکه‌هایی از تجمعات منگنز در ابعاد کمتر از ۱۰ میکرون می‌باشد. عیار این بخش به طور تقریب حدود ۱۵-۱۰ درصد برآورد می‌شود.

پسیلوملان به عنوان کانی اصلی منگنز این نمونه شامل بلورهای بسیار ریز (submicroscopic) با ابعاد متوسط حدود ۵-۱ میکرون و به ندرت ۱۰ میکرون است که به صورت لکه‌ها و تجمعات کوچک و معمولاً همراه و هم‌رشد با اکسیدهای آبدار آهن و درگیر با آنها در سطح مقطع پراکنده و ظاهری بی‌شکل دارد. فضای بین این تجمعات میکرونی را اکسیدهای آبدار آهن تشکیل می‌دهد.

پسیلوملان کانی اصلی منگنز قاسم‌آباد است که مقادیر فراوانی اکسیدهای آبدار آهن و کانی‌های غیرفلزی و درگیر با آنها دیده می‌شود. با بزرگنمایی‌های زیاد آثار تبدیل این کانی به پولیانیت-پیرولوزیت (عکس ۴-۱) در سطح مقطع به وضوح قابل رویت است. اندازه بلورهای کانی‌های منگنز و گانگ فلزی (اکسیدهای آبدار آهن) کمتر از ۱۰ میکرون می‌باشد.



عکس ۴-۱- بلورهای پولیانیت در حفرات مقطع صیقلی تهیه شده از نمونه کانسنگ پرعیار منگنز قاسم آباد، طول عکس ۱۷۵ میکرون است.

در نمونه عیار متوسط کانی‌های اصلی اکسیدهای آبدار آهن (گوتیت، لیمونیت) کوارتز نهان‌بلور (بیش از ۸۰٪) و پیرولوزیت (جمعا حدود ۱۵-۱۰٪) می‌باشند. کانی پیرولوزیت در ابعاد میکرونی (تا حداکثر ۱۰ میکرون) به صورت لکه‌های بی شکل و احتمالا به جای پسیلوملان تشکیل شده است.

این مقطع صیقلی شامل دو بخش متمایز می‌باشد. بخش اعظم آن را اکسیدهای آبدار آهن (گوتیت $FeO(OH)$ و لیمونیت) با بافت برشی، خاکی، کلوئیدی و هم‌رشد با کوارتز نهان‌بلور تشکیل می‌دهد که کانی‌های منگنز (پیرولوزیت) شامل بلورهای بسیار ریز در حد کمتر از ۱ تا حداکثر ۱۰ میکرون به صورت لکه‌های غیرهندسی با ابعاد ۲۰ تا ۹۰ الی ۱۰۰ میکرون در آن محصور می‌باشد. بافت برشی شامل قطعات لیمونیتی در ابعاد حدود ۰/۱ تا ۲ میلیمتر است که زمینه آن را دانه‌های ریز اکسیدهای آهن پر کرده است. این بافت در سطح نمونه صیقلی به رنگ

زرد و قهوه‌ای با چشم غیر مسلح قابل مشاهده می‌باشد. عیار منگنز در این بخش کمتر از ۳-۲٪ است.

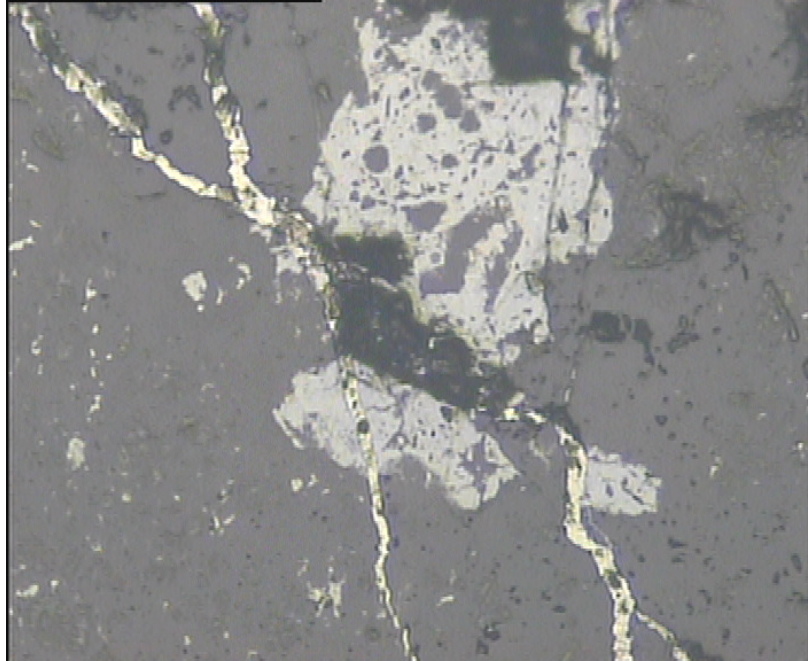
عیار منگنز در بخش دیگر این مقطع گاهی تا ۳۵ الی ۴۰ درصد می‌رسد که بافت متراکم توده‌ای دارد. این بخش به رنگ سیاه خاکستری در سطح مقطع صیقلی قابل مشاهده می‌باشد. در مجموع عیار منگنز در سطح مقطع صیقلی به حدود ۱۵ درصد می‌رسد.

هماتیت به صورت بلورین در سطح مقطع مشاهده نشده است ولی بندرت پزودومورف‌های نسبتاً درشتی از این کانی با سطوح مشخص (شکل‌دار) گاهی تا ۳۵ میکرون قابل مشاهده می‌باشد که توسط اکسیدهای آبدار آهن جانشین شده است.

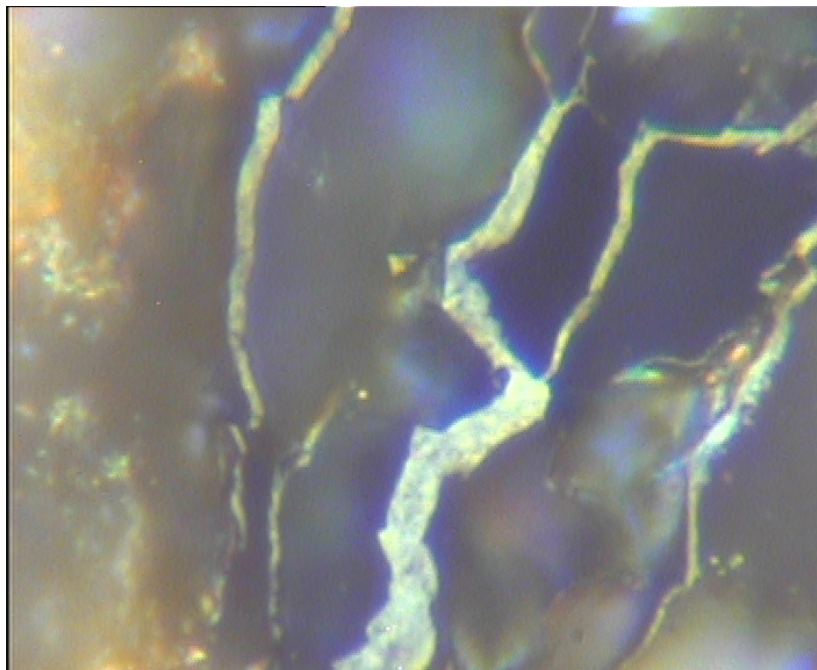
نمونه عیار کم شامل اکسیدهای آبدار آهن (۴۰-۵۰٪)، پسیلوملان-پیرولوزیت (جمعا حدود ۴-۵٪)، گانگ غیرفلزی عمدتاً سیلیس نهان‌بلور آغشته به اکسیدهای آبدار آهن (جمعا حدود ۴۰-۵۰٪) می‌باشد.

بخش اعظم این نمونه را کانی‌های سیلیکاته (کوارتز نهان‌بلور) تشکیل می‌دهد که آغشته و همراه با اکسیدهای آبدار آهن (لیمونیت-گوتیت) است و گاهی توسط رگچه‌های و مویرگ‌هایی از جنس پسیلوملان قطع شده است (عکس ۴-۲).

پسیلوملان عمدتاً به صورت رگچه‌ای (با ضخامت کمتر از چند میکرون گاهی تا ۱۰۰ میکرون) بافت زمینه مقطع صیقلی (سیلیس و اکسیدهای آبدار آهن) را قطع کرده است (عکس ۴-۳).



عکس ۲-۴- لکه‌های از جنس گوتیت (خاکستری روشن) در زمینه گانگ سیلیسی (خاکستری تیره) که با مویرگ‌هایی از جنس پسیلوملان قطع شده است. طول عکس ۳۴ میکرون. عدسی شیئی ۱۰۰× روغن.



عکس ۳-۴- سیمای رگچه‌ای پسیلوملان در زمینه گانگ سیلیسی کانسنگ کم‌عیار منگنز قاسم‌آباد. عرض ضخیم‌ترین رگچه حدود ۶ میکرون است. طول عکس ۳۴ میکرون. عدسی شیئی ۱۰۰× روغن.

۴-۳-۲- دانه‌بندی‌های مختلف

نتایج حاصل از مطالعه میکروسکوپی ۳ عدد مقطع نازک صیقلی تهیه شده از فراکسیون‌های دانه‌بندی کانسار منگنز قاسم آباد به شرح زیر می‌باشد.

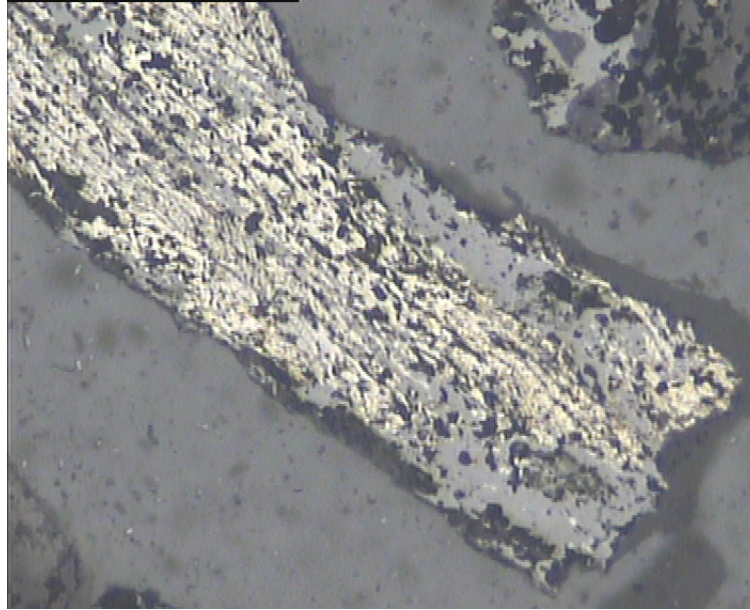
۴-۳-۲-۱- اندازه دانه‌بندی ۱۰۰+۷۰- مش (۱۴۹+۲۱۰- میکرون)

ویژگی‌های کمی این فراکسیون در جدول ۴-۲ به طور خلاصه نشان داده شده است.

جدول ۴-۲- توزیع عیار کانی منگنز در دانه‌های کانه‌دار دانه‌بندی ۱۴۹+۲۱۰- میکرون

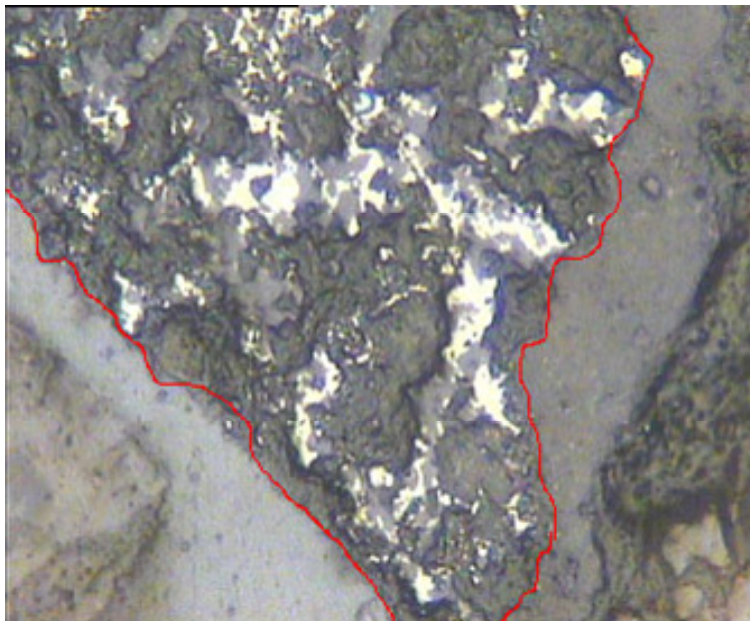
جمع	عیار اکسید منگنز در دانه‌های درگیر %						
	>۹۰	۷۰-۹۰	۵۰-۷۰	۳۰-۵۰	۱۰-۳۰	<۱۰	
۱۰۵	۲۱	۱۷	۵	۱۰	۱۰	۴۲	تعداد
۱۰۰	۲۰	۱۶	۴	۱۰	۱۰	۴۰	درصد

با توجه به جدول فوق درجه آزادی دانه‌های کانه‌دار آزاد (در صورتی که دانه‌های آزاد را دانه‌هایی بدانیم که عیار کانه در آنها بیش از ۷۰ درصد است) تقریباً برابر ۳۶ درصد می‌باشد. به عبارت دیگر عیار منگنز در تقریباً یک سوم از دانه‌های این دانه‌بندی بیش از ۷۰ درصد سطح یک دانه است. عکس‌های ۴-۴ و ۴-۵ نمایانگر دانه آزاد و دانه درگیر با گانگ را در این فراکسیون نشان می‌دهد.



عکس ۴-۴- دانه آزاد کانه‌دار (پسیلوملان- پیرولوویت) در دانه‌بندی ۲۱۰+۱۴۹- میکرون

طول عکس ۳۴۰ میکرون است.



عکس ۴-۵- توزیع انکلوژیونی کانی منگنز (در اصطلاح بافت نم‌دی) در یک دانه درگیر با باطله کوارتز در

یکی از دانه‌های دانه‌بندی (۲۱۰+۱۴۹- میکرون).

عیار این دانه حدود ۲۰ درصد است. طول عکس ۱۷۵ میکرون می‌باشد.

۴-۳-۲- اندازه دانه‌بندی ۲۰۰+۱۰۰- مش (۷۴+۱۴۹- میکرون)

ویژگی‌های کمی این فراکسیون در جدول ۴-۳ به طور خلاصه نشان داده شده است. کل دانه‌های مورد بررسی در این نمونه ۱۰۲ دانه است.

جدول ۴-۳- توزیع عیار کانی منگنز در دانه‌های کانه‌دار دانه‌بندی ۷۴+۱۴۹- میکرون

جمع	عیار اکسید منگنز در دانه‌های درگیر %						
	>۹۰	۷۰-۹۰	۵۰-۷۰	۳۰-۵۰	۱۰-۳۰	<۱۰	
۱۰۲	۳	۱۶	۱۵	۱۷	۱۸	۳۳	تعداد
۱۰۰	۳	۱۵	۱۵	۱۷	۱۸	۳۲	درصد

با توجه به جدول فوق تعداد دانه‌هایی که در آن‌ها عیار کانه بیش از ۷۰ درصد باشد برابر ۱۹ دانه می‌باشد بنابراین حتی اگر دانه‌های آزاد را دانه‌هایی بدانیم که عیار کانه در آن‌ها بیش از ۷۰ درصد است، درجه آزادی دانه‌های کانه‌دار در این فراکسیون تقریباً برابر ۱۸ درصد می‌باشد.

همانطور که ملاحظه می‌شود با ریز شدن دانه‌بندی تعداد و در نتیجه درصد دانه‌های با عیارهای مختلف در مقایسه با نمونه قبل، بویژه در محدوده عیاری ۷۰-۱۰ میکرون، توزیع یکنواخت‌تری پیدا کرده‌اند. بنابراین بنظر می‌رسد خردایش بیشتر به افزایش درجه آزادی نسبت به نمونه قبل نیانجامیده بلکه به یکنواخت شدن توزیع دانه‌های کانه‌دار در فواصل عیاری مختلف منجر شده است.

از دیدگاه نوع درگیری تفاوت چشمگیری بین این فراکسیون با فراکسیون قبلی دیده نمی‌شود به عبارت دیگر از آنجایی که کانی‌های منگنز این کانسنگ عمدتاً به صورت

انکلوژیون‌های میکرونی در گانگ سیلیکاته (عمدتاً کوارتز ریزبلور تا نهان بلور چرتی) پراکنده است، با خردایش‌های معمول نمی‌توان به درجه آزادی مطلوب دست یافت.

۴-۳-۲-۳-۴- اندازه کمتر از ۲۰۰ مش (کمتر از ۷۴ میکرون)

نتایج مربوط به این مطالعه در جدول ۴-۴ به طور خلاصه نشان داده شده است. کل تعداد دانه‌های کانه‌دار در این بررسی ۱۴۲ دانه بوده است که به عنوان ۱۰۰ درصد در جدول نشان داده شده است. این جدول نشان می‌دهد که ۶۹ درصد (۹۸ دانه) از این دانه‌ها عیاری بیش از ۹۰ درصد کانه‌منگنز داشته و بنابراین آزاد می‌باشد. ولی باید توجه داشت که علی‌رغم بالا بودن درجه آزادی در این فراکسیون، ۵۸ درصد از دانه‌های آزاد اندازه‌ای کمتر از ۴۰ میکرون دارد که برای پرعیارسازی‌های مرسوم بنظر ریز می‌رسد.

جدول ۴-۴- توزیع دانه‌های کانی‌دار منگنز با ابعاد مختلف در دانه‌بندی کمتر از ۷۴ میکرون

(مقادیر جدول به درصد می‌باشد).

جمع	عیار اکسید منگنز در دانه‌های درگیر %						اندازه دانه‌ها (میکرون)
	>۹۰ (دانه آزاد)	۷۰-۹۰	۵۰-۷۰	۳۰-۵۰	۱۰-۳۰	<۱۰	
۱۷	۱۴	۱	۱	۱	-	۱	<۱۰
۳۳	۲۶	۲	۲	۲	۱	-	۱۰-۴۰
۴۶	۲۶	۷	۳	۴	۴	۱	۴۰-۹۰
۴	۳	-	۱	-	-	-	۹۰-۱۵۰
۱۰۰	۶۹	۱۰	۷	۷	۵	۲	جمع

فصل پنجم

آزمایش‌های کانه‌آرایی

۵- آزمایش‌های کانه‌آرایی

۵-۱- آزمایش‌های جیگ

در این مرحله ۵ آزمایش جیگ بر روی بخش ۱۸+ مش نمونه اولیه که درصد آن در

جدول ۵-۱ دیده می‌شود، صورت گرفت.

جدول ۵-۱- نتایج تجزیه سرندي نمونه اولیه جهت انجام آزمایش‌های جیگ

وزن (گرم)	درصد وزنی	عیار منگنز (%)	توزیع منگنز (%)	دانه‌بندی (مش)
۹۷۵۰	۶۵	۱۴/۹۵	۶۲/۰۵	-۷+۱۸
۵۲۵۰	۳۵	۱۶/۹۷	۳۷/۹۵	-۱۸
۱۵۰۰۰	۱۰۰	۱۵/۶۶	۱۰۰	مجموع

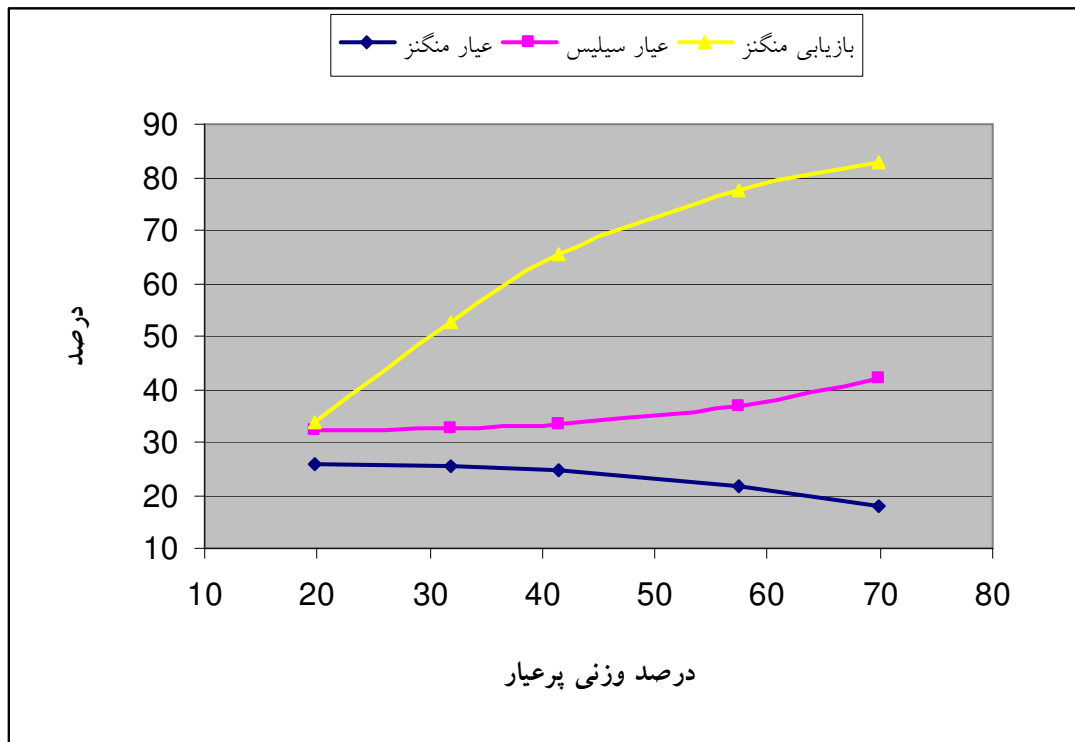
در آزمایش‌های جیگ، محصولات پرعیار با درصدهای وزنی متفاوت و با روند کاهشی

جدایش شدند. دبی آب در همه آزمایشات ثابت و برابر ۳/۳ لیتر بر ثانیه بود. نتایج حاصل از این

آزمایشات در جدول ۵-۲ و شکل ۵-۱ ارائه گردیده است.

جدول ۵-۲- آزمایشات جیگ منگنز قاسم‌آباد بر روی بخش ۱۸+ مش

شماره آزمایش	محصولات	وزن (گرم)	درصد وزنی	منگنز (%)	سیلیس (%)	بازیابی نسبی منگنز (%)
۱	پرعیار	۵۲۰	۶۹/۸	۱۷/۷۴	۴۲	۸۲/۷۷
	باطله	۲۲۵	۳۰/۲	۸/۵۲	۵۷/۳	۱۷/۲۳
	مجموع	۷۴۵	۱۰۰	۱۴/۹۶	۴۶/۶۲	۱۰۰
۲	پرعیار	۵۴۰	۵۷/۴	۲۱/۶۱	۳۶/۸	۷۷/۶۷
	باطله	۴۰۰	۴۲/۶	۸/۳۷	۵۶/۶۰	۲۲/۳۳
	مجموع	۹۴۰	۱۰۰	۱۵/۹۷	۴۵/۲۳	۱۰۰
۳	پرعیار	۵۹۵	۴۱/۵	۲۴/۵۶	۳۳/۵	۶۵/۵۹
	باطله	۸۴۰	۵۸/۵	۹/۱۴	۵۵/۳	۳۴/۴۱
	مجموع	۱۴۳۵	۱۰۰	۱۵/۵۴	۴۶/۲۵	۱۰۰
۴	پرعیار	۶۰۰	۳۱/۹	۲۵/۵۷	۳۲/۵	۵۲/۴۶
	باطله	۱۲۸۰	۶۸/۱	۱۰/۸۵	۵۳	۴۷/۵۴
	مجموع	۱۸۸۰	۱۰۰	۱۵/۵۵	۴۶/۴۶	۱۰۰
۵	پرعیار	۶۰۵	۱۹/۷	۲۵/۹۵	۳۲/۱	۳۳/۸
	باطله	۲۴۶۰	۸۰/۳	۱۲/۴۷	۵۰/۷	۶۶/۲
	مجموع	۳۰۶۵	۱۰۰	۱۵/۱۲	۴۷/۰۳	۱۰۰



شکل ۵-۱- نحوه تغییر عیار منگنز و سیلیس نسبت به درصد وزنی پراکسید

با توجه به نمودار ۵-۱ با کاهش درصد وزنی پراکسید، عیار منگنز افزایش و عیار سیلیس کاهش می‌یابد که این روند رفته رفته کم شده ولی بیشینه عیار منگنز در هر صورت از ۲۶ درصد کمتر است. این در حالی است عیار اکسید مزاحم یعنی سیلیس از ۳۳ درصد کمتر نمی‌شود. بازیابی منگنز نیز در این روند کاهش زیادی دارد. در نتیجه با انجام آزمایشات جیگ بر روی بخش ۱۸+ مش، عیار سیلیس به حد قابل قبول یعنی زیر ۲۵ درصد نرسیده است به عبارتی این ابعاد به علت عدم درجه آزادی کافی جهت جدایش مناسب نمی‌باشد.

۵-۲- آزمایش های میز لرزان

۵-۲-۱- آزمایش اول میز لرزان

جدایش اول میز لرزان توسط میز ویلفلی و بر روی بخش ۱۸- مش باقیمانده از آزمایش

جیگ صورت گرفت. نتیجه این آزمایش در جدول ۵-۳ ارائه گردیده است.

جدول ۵-۳- آزمایش اول میز لرزان

محصولات	وزن (گرم)	درصد وزنی	عیار MnO (%)	عیار منگنز (%)	عیار سیلیس (%)	بازیابی نسبی منگنز (%)
پرعیار	۵۵۷	۱۱/۸۶	۴۷/۷۶	۳۷	۱۸/۲۹	۲۵/۷۲
میانی ۱	۱۶۵۰	۳۵/۱۴	۲۱	۱۶/۲۷	۴۲/۲	۳۳/۵۱
میانی ۲	۱۳۹۰	۲۹/۶	۱۶/۸۱	۱۳/۰۲	۴۷/۲	۲۲/۵۹
میانی ۳	۴۳۳	۹/۲۲	۱۶/۰۱	۱۲/۴	۴۶	۶/۷
باطله	۶۶۶	۱۴/۱۸	۱۷/۸۴	۱۳/۸۲	۴۱/۶۴	۱۱/۴۸
مجموع	۴۶۹۶	۱۰۰	۲۲/۰۲	۱۷/۰۶	۴۱/۱۲	۱۰۰

اگرچه با عملیات میز لرزان بر روی بخش ۱۸- مش یک محصول پرعیار با عیار سیلیس

زیر ۲۵ درصد حاصل شده است ولی بازیابی نسبی میز در این بخش به علت عدم وجود درجه

آزادی مناسب کانی منگنز، پایین می باشد.

۵-۲-۲- آزمایش دوم میز لرزان

جدایش دوم میز لرزان توسط میز روسی و بر روی بخش ۱۸- مش باقیمانده از آزمایش جیگ صورت گرفت. نتیجه این آزمایش در جدول ۵-۴ ارائه گردیده است.

جدول ۵-۴- آزمایش دوم میز لرزان

محصولات	وزن(گرم)	درصد وزنی	عیار MnO (%)	عیار منگنز (%)	عیار سیلیس (%)	بازیابی نسبی منگنز (%)
پرعیار	۱۸۴	۷/۳۲	۴۳/۵۹	۳۳/۷۷	۲۰	۱۴/۱۲
میانی ۱	۱۲۷۰	۵۰/۵۲	۳۰/۹۸	۲۴	۳۷/۰۴	۶۱/۷۱
میانی ۲	۴۰۳	۱۶/۰۳	۱۱/۷۱	۹/۰۶	۵۳	۸/۳۰
میانی ۳	۴۹۲	۱۹/۵۷	۱۲/۲۶	۹/۵	۵۵	۱۰/۶۲
باطله	۱۶۵	۶/۵۶	۱۸/۱	۱۴/۰۲	۳۹/۸	۵/۲۵
مجموع	۲۵۱۴	۱۰۰	۲۲/۶	۱۷/۵۱	۴۲/۰۵	۱۰۰

با مقایسه عملکرد دو نوع میز لرزان بر روی نمونه مورد نظر مشاهده می‌شود که میز ویلفلی در این دانه‌بندی نتایج بهتری ارائه داده است و بخش پرعیار میز روسی، بازیابی نسبی و عیار منگنز پایین‌تر و سیلیس بالاتری دارد.

۵-۲-۳- آزمایش سوم میز لرزان

جهت انجام این آزمایش ماده اولیه تا ابعاد ۵۰ مش (۲۹۷ میکرون) توسط آسیای

گلوله ای تر خرد گردید. شرایط آزمایش با میز ویلفلی به این صورت بود.

- شیب میز: ۲ درجه،

- دبی آب: ۱۸ لیتر در دقیقه،

در جدول ۵-۵ نتیجه عملیات انجام شده ارائه گردیده است.

جدول ۵-۵- آزمایش سوم میز لرزان

محصولات	وزن (گرم)	درصد وزنی	عیار MnO (%)	عیار منگنز (%)	عیار سیلیس (%)	بازیابی منگنز (%)
پرعیار	۵۳۰	۱۳/۵	۴۶/۹۸	۳۶/۳۹	۱۸/۵	۲۹/۵۸
میانی ۱	۴۱۷	۱۰/۶	۳۰	۲۳/۲۴	۲۹/۵	۱۴/۸۶
میانی ۲	۱۳۵۵	۳۴/۴	۱۴	۱۰/۸۵	۴۸/۵	۲۲/۵۴
باطله	۱۶۳۵	۴۱/۵	۱۷	۱۳/۱۷	۴۴	۳۳/۰۲
مجموع	۳۹۳۷	۱۰۰	۲۱/۳۸	۱۶/۵۶	۴۰/۵۸	۱۰۰

در صورت اختلاط محصولات اول و دوم، عیار سیلیس و منگنز بترتیب ۲۳/۳۴ و ۳۰/۶۱

درصد می‌رسد. بازیابی محصول جدید ۴۴/۴۴ درصد خواهد بود.

۴-۲-۵- آزمایش چهارم میز لرزان

برای این آزمایش نیز ماده اولیه تا ۵۰ مش خرد گردید با این تفاوت که در این مرحله جهت خردایش از آسیای میله‌ای تر استفاده گردید. نتایج این آزمایش در جدول ۵-۶ قابل مشاهده می‌باشد.

جدول ۵-۶- آزمایش چهارم میز لرزان

بازیابی	عیار	عیار	عیار MnO	درصد	وزن (گرم)	محصولات
منگنز (%)	سیلیس (%)	منگنز (%)	(%)	وزنی		
۱۷/۱۳	۱۵/۰۲	۳۹/۱۲	۵۰/۵	۷/۴	۲۸۴	پرعیار
۲۶/۱۶	۲۷/۱۵	۲۸/۶۵	۳۶/۹۹	۱۵/۵	۵۹۲	میانی ۱
۱۷/۶۱	۴۲/۲	۱۵/۲۷	۱۹/۷۱	۱۹/۶	۷۴۸	میانی ۲
۱۰/۵۴	۵۳/۴۴	۹/۱۱	۱۱/۷۶	۱۹/۶	۷۵۰	میانی ۳
۲۸/۵۶	۴۴/۰۹	۱۲/۷۷	۱۶/۴۹	۳۷/۹	۱۴۵۰	باطله
۱۰۰	۴۰/۷۷	۱۶/۹۶	۲۱/۸۹	۱۰۰	۳۸۲۴	مجموع

در صورت اختلاط محصولات اول و دوم، عیار سیلیس و منگنز بترتیب ۲۳/۲۳ و ۳۳/۰۳

درصد می‌رسد. بازیابی محصول جدید ۴۳/۲۹ درصد خواهد بود.

نتایج آزمایش‌های ۳ و ۴ بهتر از آزمایش‌های ۱ و ۲ بود. به عبارتی با خردایش بیشتر

پرعیار بهتری از منگنز گرفته شد.

۵-۲-۵- آزمایش پنجم میز لرزان

جهت این آزمایش ماده اولیه تا ریزتر از ابعاد ۱۴۰ مش (۱۰۵ میکرون) خرد گردید و

تحت شرایط زیر با میز روسی انجام گردید.

دانه‌بندی: ۱۴۰- مش

زمان باردهی: ۴ دقیقه

شیب میز: ۲ درجه

دبی همراه بار: ۱/۳ لیتر بر دقیقه

دبی شستشو: ۵ لیتر بر دقیقه

از این آزمایش ۶ محصول گرفته شد که نتیجه آن در جدول ۵-۷ ارائه گردیده است.

جدول ۵-۷- آزمایش پنجم میز لرزان

محصولات	وزن (گرم)	درصد وزنی	عیار MnO (%)	عیار منگنز (%)	عیار سیلیس (%)	بازیابی منگنز (%)
پرعیار	۱۰۵	۷/۱۷	۴۵/۸	۳۵/۴۸	۱۷/۸۱	۱۸/۵۲
میانی ۱	۳۷۱	۲۵/۳۴	۲۱/۵	۱۶/۶۵	۳۸/۳	۳۰/۷۲
میانی ۲	۱۸۳	۱۲/۵	۱۱/۷۹	۹/۱۳	۵۲/۲۲	۸/۳۱
میانی ۳	۵۹۸	۴۰/۸۵	۱۳/۵	۱۰/۴۶	۵۰	۳۱/۰۹
میانی ۴	۲۳	۱/۵۷	۱۱/۴۴	۸/۸۶	۵۳/۱۴	۱/۰۱
باطله	۱۸۴	۱۲/۵۷	۱۴/۶۱	۱۱/۳۲	۴۱/۶۶	۱۰/۳۵
مجموع	۱۴۶۴	۱۰۰	۱۷/۷۴	۱۳/۷۴	۴۴/۰۱	۱۰۰

با توجه به جدول مشاهده می‌گردد که پرعیار بدست آمده در این آزمایش با توجه به عیارهای قابل قبول دارای بازیابی بسیار پایین می‌باشد.

۵-۲-۶- آزمایش ششم میز لرزان

جهت این آزمایش ماده اولیه تا ریزتر از ابعاد ۱۷۰ مش (۸۸ میکرون) خرد گردید و تحت شرایط زیر با میز روسی انجام گردید.

دانه‌بندی: ۱۷۰- مش

زمان باردهی: ۴ دقیقه

شیب میز: ۲ درجه

دبی همراه بار: ۱/۳ لیتر بر دقیقه

دبی شستشو: ۵ لیتر بر دقیقه

از این آزمایش ۸ محصول گرفته شد که نتیجه آن در جدول ۵-۸ ارائه گردیده است.

جدول ۵-۸- آزمایش ششم میز لرزان

محصولات	وزن (گرم)	درصد وزنی	عیار MnO (%)	عیار منگنز (%)	عیار سیلیس (%)	بازیابی منگنز (%)
پرعیار	۱۱۵	۷/۷۲	۴۰/۷۶	۳۱/۵۷	۱۷/۹۳	۱۸/۶۹
میانی ۱	۴۲۷	۲۸/۶۶	۱۷/۳۱	۱۳/۴۱	۴۳/۶۲	۲۹/۴۶
میانی ۲	۲۶۳	۱۷/۶۵	۱۲/۰۶	۹/۳۴	۵۲/۲	۱۲/۶۴
میانی ۳	۴۳۸	۲۹/۴	۱۴	۱۰/۸۵	۴۹	۲۴/۴۴
میانی ۴	۲۶	۱/۷۴	۱۵	۱۱/۶۲	۴۸	۱/۵۵
میانی ۵	۳۳	۲/۲۱	۱۵	۱۱/۶۲	۴۸	۱/۹۷
میانی ۶	۶۵	۴/۳۶	۱۵	۱۱/۶۲	۴۸	۳/۸۹
باطله	۱۲۳	۸/۲۶	۱۵	۱۱/۶۲	۴۸	۷/۳۶
مجموع	۱۴۹۰	۱۰۰	۱۶/۸۴	۱۳/۰۵	۴۵/۴۶	۱۰۰

با توجه به جدول مشاهده می گردد که عیار محصول پرعیار بدست آمده نسبت به آزمایش

قبل کاهش و بازیابی آن اندکی افزایش یافته است.

۵-۲-۷- آزمایش هفتم میز لرزان

جهت این آزمایش ماده اولیه تا ریزتر از ابعاد ۲۰۰ مش (۷۴ میکرون) خرد گردید و

تحت شرایط زیر با میز روسی انجام گردید.

دانه بندی: ۲۰۰- مش

زمان باردهی: ۴ دقیقه

شیب میز: ۲ درجه

دبی همراه بار: ۱/۳ لیتر بر دقیقه

دبی شستشو: ۵ لیتر بر دقیقه

از این آزمایش ۸ محصول گرفته شد که نتیجه آن در جدول ۵-۹ ارائه گردیده است.

جدول ۵-۹- آزمایش هفتم میز لرزان

بازیابی منگنز (%)	عیار سیلیس (%)	عیار منگنز (%)	عیار MnO (%)	درصد وزنی	وزن (گرم)	محصولات
۷/۳۵	۱۶	۳۷/۹۶	۴۹	۲/۴۳	۳۶	پرعیار
۳۰/۰۲	۳۴	۲۰/۹۲	۲۷	۱۸	۲۶۶	میانی ۱
۱۶/۶۳	۵۳	۸/۹۱	۱۱/۵	۲۳/۴۱	۳۴۶	میانی ۲
۲۷/۹۴	۵۱/۶۱	۹/۲۵	۱۱/۹۴	۳۷/۸۹	۵۶۰	میانی ۳
۲/۶۸	۴۷	۱۲/۳۹	۱۶	۲/۷۱	۴۰	میانی ۴
۲/۶۸	۴۷	۱۲/۳۹	۱۶	۲/۷۱	۴۰	میانی ۵
۶/۸۹	۴۷	۱۲/۳۹	۱۶	۶/۹۷	۱۰۳	میانی ۶
۵/۸۱	۴۷	۱۲/۳۹	۱۶	۵/۸۸	۸۷	باطله
۱۰۰	۴۷/۰۶	۱۲/۵۴	۱۶/۱۹	۱۰۰	۱۴۷۸	مجموع

با توجه به جدول مشاهده می گردد که در این آزمایش علی رغم عیارهای مناسب پرعیار،

بازیابی بسیار پایین می باشد.

۳-۵- آزمایش های مولتی گراویتی

در این مرحله ۳ آزمایش مولتی گراویتی بر روی دانه بندی های ۱۴۰، ۱۷۰- و ۲۰۰ مش صورت گرفت. شرایط آزمایش ها به صورت زیر بود.

شیب دستگاه: ۴ درجه

دور دستگاه: ۲۰۰ دور در دقیقه

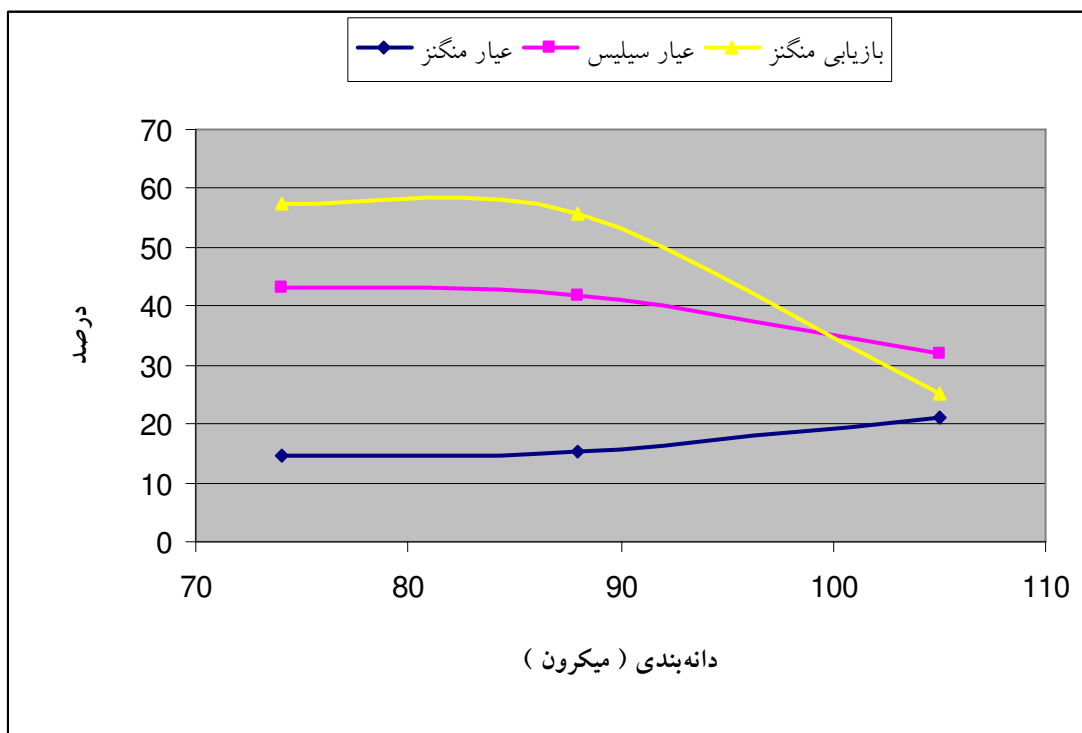
دبی آب همراه: ۲ لیتر در دقیقه

دبی آب شستشو: ۳ لیتر در دقیقه

نتیجه این آزمایش ها در جدول ۵-۱۰ و شکل ۵-۲ ارائه شده است.

همانطور که از جدول و نمودار پیداست عیار منگنز افزایش چندانی نیافته است و همچنان

عیار سیلیس بالا می باشد.



شکل ۵-۲- نحوه تغییر عیار و بازیابی پرعیار منگنز در آزمایش های مولتی گراویتی با توجه به دانه بندی

جدول ۵-۱۰- آزمایش های مولتی گراویتی

شماره آزمایش	دانه بندی	محصول	وزن (گرم)	درصد وزنی	عیار MnO (%)	عیار مگنز (%)	عیار سیلیس (%)	بازیابی مگنز (%)
۱	۱۴۰- مش	پرعیار	۲۰۶	۱۹/۸۹	۲۷/۲۴	۲۱/۱	۳۲	۲۴/۹۹
		میانی	۹۴	۹/۰۷	۲۲/۴۳	۱۷/۳۸	۳۷/۵۹	۹/۳۹
		باطله	۷۳۶	۷۱/۰۴	۲۰/۰۲	۱۵/۵۱	۴۰/۶	۶۵/۶۲
		مجموع	۱۰۳۶	۱۰۰	۲۱/۶۷	۱۶/۷۹	۳۸/۶۲	۱۰۰
۲	۱۷۰- مش	پرعیار	۴۲۵	۴۴	۱۹/۸۸	۱۵/۴	۴۱/۸۵	۵۵/۸۱
		میانی	۱۴۸	۱۵/۳۲	۱۹/۸۲	۱۵/۳۵	۳۸/۵۳	۱۹/۳۸
		باطله	۳۹۳	۴۰/۶۸	۹/۵۶	۷/۴۱	۵۱/۳۲	۲۴/۸۱
		مجموع	۹۶۶	۱۰۰	۱۵/۶۷	۱۲/۱۴	۴۵/۱۹	۱۰۰
۳	۲۰۰- مش	پرعیار	۴۱۳	۴۶/۲۵	۱۹/۰۷	۱۴/۷۷	۴۳/۲۵	۵۷/۳۶
		میانی	۱۰۳	۱۱/۵۳	۲۰/۷۷	۱۶/۰۹	۳۸/۴۶	۱۵/۵۷
		باطله	۳۷۷	۴۲/۲۲	۹/۸۶	۷/۶۴	۵۰/۶۴	۲۷/۰۷
		مجموع	۸۹۳	۱۰۰	۱۵/۳۸	۱۱/۹۱	۴۵/۸۲	۱۰۰

همانگونه که از جدول ۵-۱۰ مشخص می باشد عیار سیلیس در هیچکدام از محصول های

مولتی گراویتی از مقدار ۳۰ درصد کاهش نیافت.

۴-۵- آزمایش‌های مغناطیسی

آزمایش‌های مغناطیسی توسط دستگاه مغناطیسی غلطکی خشک انجام شد که مواد اولیه آنها محصولات آزمایش ۴ میز لرزان بود، که در زیر شرایط و نتایج آنها ارائه گردیده است.

۴-۵-۱- آزمایش اول مغناطیسی

اولین آزمایش مغناطیسی بر روی محصول میانی اول آزمایش ۴ میز لرزان صورت گرفت. سرعت غلطک در این آزمایش ۸۰ دور در دقیقه بود و شدت مغناطیسی دستگاه در حالت حداکثر (حدود ۱ تسلا) قرار داشت. نتیجه این آزمایش به صورت جدول ۵-۱۱ ارائه گردیده است.

جدول ۵-۱۱- آزمایش اول مغناطیسی

بازیابی کلی مگنز(%)	بازیابی نسبی مگنز(%)	عیار سیلیس (%)	عیار مگنز (%)	عیار MnO (%)	درصد وزنی	وزن (گرم)	محصولات
۲۵/۲	۹۴/۲	۲۴/۹	۲۹/۷۱	۳۸/۳۵	۸۸/۱	۴۸۸	پرعیار
۱/۵	۵/۸	۴۶/۴۶	۱۳/۴۷	۱۷/۳۹	۱۱/۹	۶۶	باطله
۲۶/۷	۱۰۰	۲۷/۴۷	۲۷/۷۸	۳۵/۸۶	۱۰۰	۵۵۴	مجموع

همانطور که از جدول فوق مشاهده می‌شود، روش مغناطیسی توانسته عیار سیلیس را

حدود ۲-۳ درصد کاهش دهد.

۵-۴-۲- آزمایش دوم مغناطیسی

این آزمایش بر روی محصول میانی دوم آزمایش چهارم میز لرزان صورت گرفت، که این آزمایش در دو مرحله انجام گردید. در مرحله اول هدف حذف باطله بود و با شدت مغناطیسی حداکثر و سرعت غلطک ۸۰ دور بر دقیقه صورت گرفت. در این مرحله ۲ محصول داشتیم که یکی باطله نهایی و دیگری پرعیار مرحله اول.

هدف مرحله دوم پاک کردن محصول پرعیار مرحله اول بود که با شدت مغناطیسی حداکثر و سرعت غلطک ۹۰ دور بر دقیقه صورت گرفت. در این مرحله نیز ۲ محصول به دست آمد که بخش مغناطیسی پرعیار نهایی و بخش غیر مغناطیسی محصول میانی نامیده شد. نتیجه این آزمایش در جدول ۵-۱۲ ارائه گردیده است.

جدول ۵-۱۲- آزمایش دوم مغناطیسی

محصولات	وزن (گرم)	درصد وزنی	عیار MnO (%)	عیار منگنز (%)	عیار سیلیس (%)	بازیابی نسبی منگنز (%)	بازیابی کلی منگنز (%)
پرعیار	۳۵۵	۴۹/۷	۱۷/۶۲	۱۳/۶۵	۴۷/۶۷	۳۴/۳۲	۶/۰۴
میانی	۵۵	۷/۷	۲۸/۵۳	۲۲/۱	۳۰/۳۸	۱۳/۱۷	۲/۳۲
باطله	۳۰۴	۴۲/۶	۱۳/۴۴	۱۰/۴۱	۳۵/۵	۵۲/۵۱	۹/۲۵
مجموع	۷۱۴	۱۰۰	۱۶/۶۸	۱۲/۹۲	۴۱/۱	۱۰۰	۱۷/۶۱

فصل ششم

نتیجه‌گیری

۶- نتیجه‌گیری

۱- کانیهای تشخیص داده شد توسط XRD به صورت کوارتز، هماتیت، پیرولولوزیت، کلسیت و گوتیت گزارش گردید.

۲- عیار اولیه SiO_2 و MnO به ترتیب ۱۹/۹۵ و ۴۵/۸۴ درصد گزارش شده است، که عیار منگنز معادل ۱۵/۴۵ درصد محاسبه می‌گردد.

۳- در سنگهای پرعیار منگنز قاسم‌آباد، توسط مطالعات میکروسکپی کانیهای پسیلوملان، پولیانیت- پیرولولوزیت، کریپتوملان، بیکسبیت، براونیت جمعا حدود ۳۵-۴۰ درصد، اکسیدهای آهن به صورت هماتیت، گوتیت و لیمونیت حدودا ۳۰ درصد، گانگ غیرفلزی (کوارتز نهان بلور و ...)، حدود ۳۰-۳۵ درصد تشخیص داده شد. همچنین در مقطع نازک کانی باریت به مقدار حدود ۱ درصد مشاهده شد.

۴- در سنگهای عیار متوسط منگنز قاسم‌آباد که مورد نظر این پژوهش می‌باشد توسط مطالعات میکروسکپی در نمونه عیار متوسط کانی‌های اصلی اکسیدهای آبدار آهن (گوتیت، لیمونیت) کوارتز نهان بلور (بیش از ۸۰٪) و پیرولولوزیت (جمعا حدود ۱۵-۱۰٪) می‌باشند، تشخیص داده شد.

۵- در سنگهای کم‌عیار منگنز نمونه قاسم‌آباد اکسیدهای آبدار آهن (۴۰-۵۰٪)، پسیلوملان- پیرولولوزیت (جمعا حدود ۴-۵٪)، گانگ غیرفلزی عمدتا سیلیس نهان بلور آغشته به اکسیدهای آبدار آهن (جمعا حدود ۴۰-۵۰٪) تشخیص داده شد.

۶- کانی‌های منگنز این کانسنگ عمدتا به صورت انکلوزیون‌های میکرونی در گانگ سیلیکاته (عمدتا کوارتز ریزبلور تا نهان بلور چرتی) پراکنده است، با خردایش‌های معمول نمی‌توان به درجه آزادی مطلوب دست یافت.

۷- درجه آزادی در دانه‌بندی $۱۰۰+۷۰$ - مش تقریباً برابر ۳۶ درصد می‌باشد. در حالی که درجه آزادی دانه‌های کانه دار در فراکسیون $۲۰۰+۱۰۰$ - مش تقریباً برابر ۱۸ درصد می‌باشد. با ریز شدن دانه‌بندی تعداد و در نتیجه درصد دانه‌های با عیارهای مختلف در مقایسه با نمونه قبل، بویژه در محدوده عیاری $۷۰-۱۰$ میکرون، توزیع یکنواخت‌تری پیدا کرده‌اند. بنابراین بنظر می‌رسد خریدار بیشتر به افزایش درجه آزادی نسبت به نمونه قبل نیانجامیده بلکه به یکنواخت شدن توزیع دانه‌های کانه‌دار در فواصل عیاری مختلف منجر شده است. در دانه‌بندی ۲۰۰ - مش درجه آزادی به ۶۹ درصد می‌رسد. ولی باید توجه داشت که علی‌رغم بالا بودن درجه آزادی در این فراکسیون، ۶۰ درصد از دانه‌های آزاد اندازه‌ای کمتر از ۴۰ میکرون دارند که برای پرعیارسازی‌های مرسوم بنظر ریز می‌رسد.

۸- آزمایش‌های جیگ بر روی دانه‌بندی $۱۸+۷$ - مش صورت گرفت که در شرایط مختلف درصد وزنی کنسانتره به توجه به عدم درجه آزادی مناسب نتیجه دلخواه هیچگاه حاصل نگردید.

۹- در دانه‌بندی درشت (۱۸ - مش) نتایج میز ویلفلی بهتر از میز روسی می‌باشد. ولی به هر حال به خاطر درجه آزادی پایین، پرعیار بدست آمده علی‌رغم عیارهای قابل قبول آن دارای بازیابی پایین می‌باشد.

۱۰- خریدار با آسیای گلوله‌ای تر تا ابعاد ۵۰ - مش نسبت به آسیای میله‌ای تر نتایج تقریباً بهتری در پرعیارسازی با میز ویلفلی داده است، که بهترین نتیجه را در میان کل آزمایشات در برداشته و با رسیدن به عیارهای قابل قبول برای منگنز و سیلیس دارای بازیابی ۴۷ درصد نیز می‌باشد.

۱۱- در دانه‌بندی‌های ریزتر (۱۴۰ -، ۱۷۰ - و ۲۰۰ - مش) با روش میز لرزان روسی همواره بازیابی‌های حاصل قابل توجه نمی‌باشد.

۱۲- با انجام آزمایش‌های مولتی‌گراویتی که بر روی دانه‌بندی‌های ۱۴۰، ۱۷۰- و ۲۰۰- مش صورت گرفت محصولات سنگین بدست آمده دارای استانداردهای لازم نبودند.

۱۳- با انجام آزمایش‌های مغناطیسی تاثیر چندانی در پرعیار نمودن منگنز و یا کاهش سیلیس آن مشاهده نگردید.

منابع و مراجع

- ۱- شمسی، پورنگ، امینی، احمد، رئیسی، علیرضا، فرآوری منگنز چاه‌زرد (سیستان و بلوچستان)، مدیریت کانه‌آرایی و فرآوری، سازمان زمین‌شناسی و اکتشافات معدنی کشور، ۱۳۸۵.
- ۲- عبداللهی، هادی، امینی، احمد، بررسی امکان کاهش سیلیس در منگنز گدارسین کرمان، مدیریت کانه‌آرایی و فرآوری، سازمان زمین‌شناسی و اکتشافات معدنی کشور، ۱۳۸۶.
- 3- www.ngdir.com
- 4- www.bgs.ac.uk
- 5- www.minerals.usgs.gov
- 6- The Economic of manganese, Roskill, Roskill Information Service Ltd., 2000

پیوست