فرآوری سیلیس جشنی سقز جهت بکارگیری در صنایع شیشه

عطاا... بهرامی[۱]، علی خدارحمی[۲] ، مهدی ایران نژاد[۲]، علیرضا میرحبیبی[۳]

[۱] گروه مهندسی معدن دانشکده فنی دانشگاه ارومیه، [۲] دانشگاه صنعتی امیرکبیر
[۳] دانشگاه علم وصنعت ایران

ataallah@asia.com

چکیده: *معدن کانسار سیلیس جشنی در فاصله ۸ کیلومتری شمال شرق شهرستان سقز واقع شده است. در آزمایشات شناسایی اولیه این کانسار مشخص شد که مقدار Al_2O_3 و Fe_2O_3 جهت بکارگیری در اغلب صنایع بیشتر از حد استاندارد است، لذا در تحقیق حاضر به منظور کاهش Al_2O_3 و Fe_2O_3 عملیات فراوری شامل خردایش، نرمه‌گیری، شستشو، فلوتاسیون و جداسازی مغناطیسی انجام شد. در نتیجه انجام عملیات خردایش و شستشو کاهش زیادی در میزان Al_2O_3 و Fe_2O_3 مشاهده شد از طرف دیگر و عملیات فلوتاسیون به دلیل وجود محدودیت سایز مصرفی صنایعی نظیر شیشه در عدم رسیدن ذرات به درجه آزادی لازم، کاهش زیادی در میزان Fe_2O_3 نشان نداد. در نهایت کاربردهای سیلیس جشنی در صنایع شیشه‌سازی، فروسیلیس، نسوز، پشم شیشه، ماسه ریخته‌گری بررسی و فلوشیت مقدماتی فرآوری این کانسار جهت بکارگیری در صنایع طراحی شد.*

کلمات کلیدی: *سیلیس، فرآوری، اکسید آهن، شیشه.*

۱- مقدمه

معدن کانسار سیلیس جشنی در فاصله ۸ کیلومتری شمال شرق شهرستان سقز و مجاورت روستای کانی جشنی واقع شده است. محدودهٔ معدنی بین طول جغرافیایی َ ۲۱ ْ۴۶ الی َ۲۲ ْ۴۶ و عرض جغرافیایی َ۱۸ ْ۳۶ الی َ۲۰ ْ۳۶ قرار دارد. از نظر آب و هوایی این منطقه جزء مناطق سردسیر کشور محسوب می‌شود. کانسار سیلیس جشنی مربوط به افق تاپ کوارتزیت سازند لالون می‌باشد که بصورت افق سیلیسی سفید رنگ در بالای ماسه سنگ‌های کوارتزیتی قرمز رنگ واقع شده است. بر اساس اکتشافات انجام شده ذخیره این کانسار حدود ۱۱/۵ میلیون تن برآورد گردیده است[۱]. این کانسار از لحاظ مجموعه کانی‌شناسی شامل کوارتز و فازهای فرعی رس و ترکیبات آهندار است. مقدار رس و آهن در این کانسار به حدی است که مصرف آن بدون عملیات فرآوری در اغلب صنایع، با مشکل مواجه می‌شود. به همین جهت به منظور فرآوری این کانسار جهت استفاده در صنایع بررسی‌هایی انجام گرفته است.

۲- روش تحقیق

در تحقیق حاضر پس از مطالعه گزارشات موجود و منابع مرتبط با موضوع تحقیق[۲]، نمونه‌برداری سیستماتیک از کانسار جشنی انجام و نمونه متوسط کانسار با بهره گیری از روشهای دقیق متعارف تهیه شد. با هدف بررسی فازهای کانی شناسی و ترکیبات مضر (گانگ) در ماده معدنی از بررسیهای میکروسکوپی به روش عبوری و انعکاسی با استفاده از میکروسکوپهای ساخت شرکت Zeiss و Olympus استفاده شد. عملیات خردایش توسط سنگ شکن‌های فکی ساخت شرکت دانش فرآوران و آسیای میله‌ای و گلوله‌ای ساخت همان شرکت به انجام رسیده و از دستگاههای جدایش مغناطیسی و سلول فلوتاسیون برای انجام آزمایشات بهره گرفته شد. در مراحل مختلف تشخیص جهت تعیین ترکیبات مینرالوژیکی شیمیایی خوراک و محصول بدست آمده از روشهای XRF و XRD ساخت شرکت فیلیپس استفاده شد.

[Downloaded from jicers.ir on 2025-07-13]

[DOR: 20.1001.1.17353351.1385.2.1.2.8]

۳- نمونه‌برداری از کانسار سیلیس جشنی

جهت نمونه‌برداری از کانسار سیلیس جشنی و دسترسی به آنالیز متوسط و معرف کانسار یک شبکه نمونه‌برداری بصورت مربعات ۲۵۰ ×۲۵۰ متر مربع طراحی و ترسیم شبکه انجام شد. از محل برخورد پروفیل‌ها عملیات نمونه برداری به طریقه لبپری انجام گرفت و در مجموع ۲۲ کیلوگرم نمونه تهیه شد. پس از خردایش در سنگ شکن فکی، توسط دستگاه ریفل عملیات تقسیم کردن نمونه انجام شد. در نهایت مقداری از نمونه اولیه بعنوان نمونه متوسط کانسار جهت انجام آنالیزهای XRD و XRF انتخاب گردید که نتایج آنالیز نمونه‌ها در جداول شماره (۱) و (۲) نشان داده شده است.

جدول ۱- نتایج آنالیز XRD نمونه سیلیس جشنی.

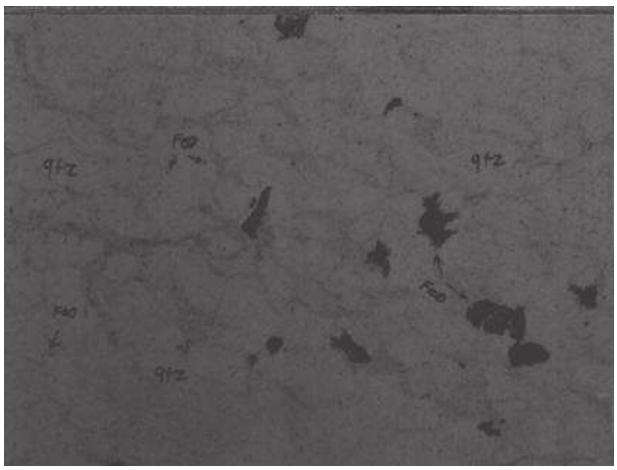
Major phase (s)	Minor phase (s)	Trace phase (s)
Quartz (SiO_2)	——	Muscovite $KAl_2(Al\ Si_3O_{10})(OH)_2$

جدول ۲-نتایج آنالیز XRF نمونه متوسط سیلیس جشنی بر حسب درصد وزنی اکسیدها

SiO_2	Al_2O_3	Fe_2O_3	CaO	Na_2O	MgO	K_2O	TiO_2	MnO	P_2O_5	L.O.I
95.45	2.49	0.58	0.22	0.04	0.05	0.74	0.062	0.001	0.032	0.31

٤- کانی‌شناسی و مینرالوگرافی

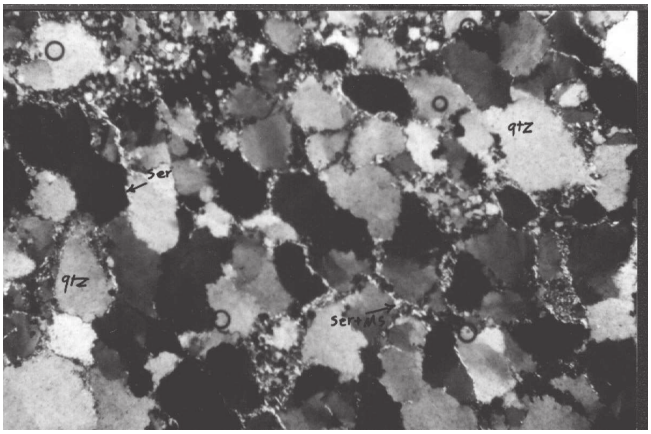
به منظور شناخت دقیق ترکیب کانی از مطالعات پتروگرافی و مینرالوگرافی بهره گرفته شد. بر اساس بررسیهای میکروسکوپی نمونه از نوع سنگ‌های رسوبی غنی از کوارتز دگرگون شده بوده و در حقیقت نوعی کواتزیت است. کوارتز تشکیل دهنده اصلی نمونه بوده و ابعاد ذرات آن عمدتاً در حد ۱۰۰ الی ۳۵۰ میکرون می‌باشد. ضمن اینکه دانه‌های با ابعاد ۲۰۰ تا ۲۵۰ میکرون فراوانی بیشتری دارند. علاوه بر کوارتز تشکیل دهنده های با فراوانی اندک شامل ذرات و اجتماعات ریز از نوع سرسیت، موسکویت و کانی‌های رسی است که اغلب در فضای بین ذرات کوارتز تجمع دارند. علاوه بر آن در نمونه کانی‌های اوپاک (ترکیبات آهندار) نیز مشاهده می شود که بر دو نوع می‌باشند. نوع اول شامل قطعات نیمه شکل‌دار نسبتاً درشت با ابعاد ۵۰ تا ۱۵۰ میکرون که عموماً در فضای بین کوارتزها تجمع دارند و نوع دیگر ترکیبات آهندار بصورت خالهای (انکلوزیون) ریز در داخل کوارتزها می‌باشند که ابعاد آنها در حد چند میکرون (کوچکتر از ۵ میکرون) هستند. در شکل‌های شماره (۱) و (۲) تصاویر میکروسکوپی که نشان دهنده ترکیب کانی شناسی و نحوه درگیری کوارتز با سایر تشکیل دهنده‌های فرعی (گانگ) است[9].



شکل ۱- تصویر میکروسکوپی ازنمونه شماره Kg-51 در نور معمولی (PPL)، با بزرگنمایی 40× کوارتز (qtz)، اکسیدهای آهن (Fe_2O_3))

[Downloaded from jicers.ir on 2025-07-13]

[DOR: 20.1001.1.17353351.1385.2.1.2.8]



شکل ۲-تصویر میکروسکوپی ازنمونه شماره Kg-52 در نورپلاریزه (CPL)، با بزرگنمایی 40× کوارتز (qtz)، موسکویت (MS)، سرسیت (Ser)

۵- خردایش و تعیین درجه آزادی

مهمترین هدف خردایش در کانه آرایی، آزاد کردن کانی‌های با ارزش که در این نمونه کوارتز (SiO_2) می‌باشد از کانی‌های باطله همراه شامل کانیهای رسی و ترکیبات آهندار (Al_2O_3 , Fe_2O_3) در درشت‌ترین ابعاد ممکن است. با توجه به مطالعات میکروسکوپی انجام گرفته بر روی کانسار سیلیس جشنی، درجه آزادی بهینه در ذرات با ابعاد حدود ۱۵۰ میکرون (۱۰۰ مش) مشخص شده و برای ادامه بررسیها انتخاب گردید.

۵-۱--خردایش و آماده سازی نمونه

نمونه ابتدا توسط سنگ شکن فکی با گلوگاه خروجی ۲ سانتی‌متر خرد شده، محصول توسط سنگ‌شکن مخروطی با خروجی ۲ میلیمتر در مسیر بسته مورد خردایش و دانه‌بندی قرار گرفت. محصول قابل مصرف در صنایع شیشه سیلیس بین ۳۰ تا ۱۰۰ مش می‌باشد و مواد زیر ۱۰۰ مش به عنوان باطله محسوب می‌شود که از آن می‌توان در صنایع دیگر از جمله ساینده‌ها و پرکننده‌ها و ... استفاده کرد.

جدول ۳- آنالیز سرندی محصول خروجی آسیای گلوله‌ای سرامیکی نمونه سیلیس جشنی.

شماره سرند (مش)	سایز سرند (میکرون)	وزن ذرات زیر سرند (گرم)	درصد وزنی تجمعی روی سرند	درصد وزنی تجمعی زیر سرند
+20	850	583	2.8	97.2
+30	500	570.5	4.88	95.12
+45	355	438.5	26.88	73.12
+60	250	383.5	36.05	63.95
+80	180	192.5	68.75	31.25
+100	150	169.5	71.65	28.35
+120	125	79.5	86.65	13.35
-120	125	-	100	-

۵-۲-خردایش توسط آسیا

سیلیس مصرفی در اغلب صنایع نظیر شیشه به آهن حساسیت زیادی داشته و داشتن آهن بالا باعث نامرغوب شدن محصول شیشه می‌گردد لذا عملیات خردایش توسط آسیای گلوله‌ای سرامیکی انجام شد. در این مرحله محصول خروجی سنگ‌شکن مخروطی وارد آسیای گلوله‌ای سرامیکی شده و درصد جامد پالپ ۴۰ درصد در نظرگرفته شد. عملیات خردایش توسط آسیا بعمل آمده و سپس نمونه‌ها تحت عملیات شستشو و نرمه‌گیری قرار گرفته و عملیات طبقه‌بندی بر روی آن انجام گرفت که نتایج مربوط به آن در جدول شماره (۳) آورده شده است. بعد از عملیات شستشو و نرمه‌گیری مقداری از نمونه به روش چهار قسمتی، جهت آنالیز

[Downloaded from jicers.ir on 2025-07-13]

[DOR: 20.1001.1.17353351.1385.2.1.2.8]

انتخاب شد که نتایج مربوط به آن که در جدول شماره (۴) می‌باشد، نشان می‌دهد با استفاده از عملیات خردایش و نرمه‌گیری می توان میزان Al_2O_3 و همچنین آهن موجود در نمونه را به میزان چشمگیری کاهش داد.

جدول ۴- نتایج آنالیز XRF بر روی نمونه‌های حاصل از عملیات شستشو و نرمه گیری (بر حسب درصد).

SiO_2	Al_2O_3	Fe_2O_3	CaO	Na_2O	MgO	K_2O	TiO_2	MnO	P_2O_5	L.O.I
98.25	0.85	0.27	0.11	<0.01	0.01	0.26	0.070	0.001	0.020	0.08

٦- آزمایش‌های فلوتاسیون

فلوتاسیون بر اساس اختلاف بار سطحی ذرات (پتانسیل زتا ZP) در یک pH معین انجام می‌شود. در pH کمتر از ۱/۸ ذرات کوارتز و کانی‌های آهندار دارای بار سطحی مثبت می‌باشند و در pH بین ۱/۸ و ۶/۴ ذرات کوارتز دارای بار سطحی منفی و کانی‌های آهندار دارای بار سطحی مثبت می‌باشند. در این شرایط می‌توان از یک کلکتور آنیونی نظیر سولفانات‌ها یا سولفات‌ها استفاده نمود و کانی‌های آهندار را فلوته کرد در این سیستم، pH محیط در حدود ۲ تا ۲/۵ تنظیم می‌شود [۲ و ۱۰]

جدول ۵- اطلاعات آزمایش‌های فلوتاسیون برروی نمونه سیلیس جشنی با زمان کف‌گیری (۱۰ دقیقه)، میزان روغن خنثی (gr/ton ۵۰)، نوع روغن خنثی (نفت سفید)، درصد پالپ (۳۰)، pH (۳-۲/۵)، زمان آماده‌سازی ۵ دقیقه

ردیف	نوع کلکتور	نوع کف‌ساز	میزان کلکتور (gr/ton)	میزان کف‌ساز
۱	Aero promeoter 801	MIBC	۲۵۰	یک قطره
۲	Aero promeoter 825	frother65	۲۵۰	یک قطره
۳	Aero promeoter 801,825	frother65	۲۵۰	یک قطره
۴	Aero promeoter 801,825	frother65	۵۰۰	دو قطره
۵	Aero promeoter 801,825	frother65	۷۵۰	دو قطره
۶	Aero promeoter 801,825	frother65	۱۰۰۰	دو قطره
۷	Aero promeoter 801	frother65	۱۰۰۰	دو قطره

جدول ۶- نتایج آنالیز XRF حاصل از نمونه‌های فرآوری شده به روش فلوتاسیون (درصد)

SiO_2	Al_2O_3	Fe_2O_3	CaO	Na_2O	MgO	K_2O	TiO_2	MnO	P_2O_5
97.19	1.73	0.26	0.05	0.02	0.01	0.42	0.041	0.001	0.011

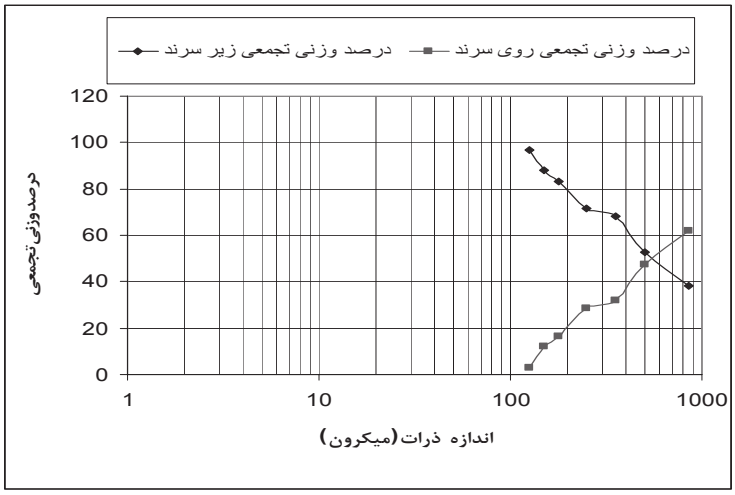
به منظور انجام آزمایش‌های فلوتاسیون، نمونه بعد از مرحله سنگ‌شکنی، توسط آسیای گلوله‌ای سرامیکی تحت خردایش قرار گرفت. از آنجایی که ابعاد قابل قبول برای صنایع شیشه ۳۰ تا ۱۰۰ مش می باشد لذا خردایش نمونه‌ها تا d_{80}=30 mesh ادامه یافت. آزمایشات فلوتاسیون با استفاده از مواد شیمیایی مصرفی شامل نفت سفید، درصد جامد ۳۰ درصد، pH، ۲/۵ تا ۳ انجام گرفت که مشخصات آن در جدول شماره (۵) آورده شده است. با توجه به آزمایشات مختلف انجام شده، بهترین زمان آماده‌سازی ۵ دقیقه تعیین شد که با اضافه کردن کلکتور طی دو مرحله نتیجهٔ بهتری نسبت به اضافه کردن در یک مرحله به دست آمد. میزان کف ساز دو قطره و میزان کلکتور تا حد ۱۰۰۰ گرم بر تن حد بهینه را بدست داد. از بهترین نتیجه این آزمایشات مقداری نمونه به روش چهار قسمتی انتخاب و مورد آنالیز XRF قرار گرفت که نتیجه آنالیز طبق جدول شماره (۶) می‌باشد.

با توجه به آنالیز نمونه فرآوری شده به روش فلوتاسیون، نتیجه می‌شود که درصد اکسید آهن تغییر خاصی نسبت به عملیات فرآوری به روش شستشو نداشته است و به نظر می‌رسد دلیل این امر عدم رسیدن ذرات به درجه آزادی لازم، در محدوده دانه‌بندی سیلیس مصرفی در صنایع شیشه می‌باشد. از اینرو بررسیها و

[Downloaded from jicers.ir on 2025-07-13]

[DOR: 20.1001.1.17353351.1385.2.1.2.8]

آزمایشات نشان داد که انجام عملیات فلوتاسیون با هدف دسترسی به سیلیس قابل مصرف در صنایع شیشه از کانسار جشنی نتیجه بخش نمی‌باشد.



شکل ۳- نمونه ای از یک سلول فلوتاسیون آزمایشگاهی

۷- آزمایش‌های مغناطیسی

در این روش از اختلاف در خاصیت مغناطیسی برای جداسازی کانی‌های با ارزش از باطله استفاده می‌شود. در جدایش کوارتز از هماتیت، کوارتز جزء مواد دیامغناطیس و هماتیت جزء مواد پارامغناطیس می‌باشد که برای جدایش این مواد از جدایش مغناطیسی با شدت بالا استفاده می‌شود[۳] در مورد کانسار سیلیس جشنی، نمونه پس از خردایش توسط سنگ‌شکن‌ها و آسیای گلوله‌ای سرامیکی به دانه‌بندی مورد نظر ۳۰ تا ۱۰۰ مش رسانده شد. عملیات مغناطیسی شدت بالا به روش‌تر با شدت ۱/۲ تسلا بر روی نمونه انجام گرفت که نتیجه آنالیز کنسانتره به دست آمده حاصل از عملیات مغناطیسی طبق جدول شماره (۷) می‌باشد. از نتیجه آنالیز مشاهده می‌شود که درصد اکسید آهن تا حد ۰/۲۳ کاهش یافته است که به دلیل نرسیدن ذرات به درجه آزادی لازم به خاطر محدودیت دانه‌بندی در صنایع شیشه جام، کاهش قابل توجهی نمی‌باشد و از آنجایی که حداکثر مقدار اکسید آهن برای صنایع شیشه جام ۰/۱ درصد می‌باشد، لذا محصول عملیات مغناطیسی نیز برای این نوع شیشه‌ها مناسب نمی‌باشد. از طرف دیگر بدلیل اینکه میزان مجاز درصد اکسید آهن در تولید شیشه‌های رنگی، برای شیشه‌های سبز رنگ ۰/۳ درصد و در مورد شیشه‌های کهربائی و قهوه‌ای رنگ یک درصد می باشد. می‌توان از محصول فرآوری شده در ساخت شیشه‌های رنگی مانند شیشه دارو استفاده کرد[۴،۵].

جدول ۷- نتایج آنالیز XRF کنسانتره مغناطیسی شدت بالا بر روی نمونه‌های سیلیس جشنی (درصد)

SiO_2	Al_2O_3	Fe_2O_3	CaO	Na_2O	MgO	K_2O	TiO_2	MnO	P_2O_5
97.03	1.83	0.23	0.11	0.02	0.01	0.39	0.06	0.001	0.018

۸- کاربردهای سیلیس جشنی در صنایع به ترتیب انجام کمترین عملیات فرآوری

کانسار سیلیس جشنی پس از فرآوری با استفاده از روشهایی مانند خردایش و شستشو، فلوتاسیون و مغناطیسی به عنوان خوراک مناسب کارخانه شیشه جام (غیر رنگی) تشخیص داده نشد ولی در تولید شیشه‌های رنگی قابل مصرف است[۶،۷]. لذا جهت یافتن کاربرد این کانسار ، به مقایسه آنالیز اولیه کانسار و محصول فرآوری شده با استانداردهای سایر مصارف در جدول شماره (۹) اشاره می‌شود.

[Downloaded from jicers.ir on 2025-07-13]

[DOR: 20.1001.1.17353351.1385.2.1.2.8]

جدول ۸- مقایسه استاندارد شیشه جام[۳] و سیلیس جشنی

ترکیب (درصد)	SiO_2	Al_2O_3	Fe_2O_3
استاندارد شیشه جام	۹۶	۰/۲	۰/۱
سیلیس جشنی فرآوری نشده	۹۵/۴۵	۲/۴۹	۰/۵۸
سیلیس جشنی شستشو شده	۹۸/۲۵	۰/۸۵	۰/۲۷
سیلیس جشنی فلوتاسیون شده	۹۷/۱۹	۱/۷۳	۰/۲۶
سیلیس جشنی مغناطیسی شده	۹۷/۰۳	۱/۸۳	۰/۲۳

جدول ۹-مقایسه بین سیلیس مصرفی صنایع مختلف[۳] با سیلیس جشنی

ترکیب درصد وزنی	SiO_2	Al_2O_3	Fe_2O_3
کانسار سیلیس جشنی	۹۵/۴۵	۲/۴۹	۰/۵۸
پشم شیشه	–	–	۰/۴
سیلیس مورد استفاده صنایع سیمان	۸۸	۲	۵
ماسه ریخته‌گری	۹۶	۱	۱/۵
صنایع فرو سیلیس	۹۷	–	کمتر از ۷

صنایع سیمان به آهن و رس حساسیت زیادی ندارند، بنابراین با انجام عملیات خردایش بر روی کانسار سیلیس جشنی می‌توان این کانسار را جهت استفاده در صنایع سیمان بکار برد . مهمترین ترکیب در پشم شیشه اکسیدآهن می‌باشد که باید عیار آن زیر ۰/۴ درصد باشد. با توجه به آنالیز سیلیس جشنی که میزان اکسیدآهن آن ۰/۵۸ درصد می‌باشد، با خردایش اولیه توسط سنگ‌شکن و شستشو می‌توان به راحتی عیار اکسیدآهن را به زیر ۰/۴ درصد رسانده و آن را در صنایع پشم شیشه بکار برد. همچنین با مقایسه استانداردهای صنایع ماسه ریخته‌گری و صنایع فرو سیلیس (جدول شماره ۹) با کمترین عملیات کانه‌آرایی مانند خردایش اولیه و شستشو می‌توان ازکانسار موردنظر برای صنایع ریخته‌گری و فرو سیلیس استفاده کرد. سیلیس جشنی را می‌توان در شیشه های با کیفیت پایین ، صنایع فیلتراسیون، صنعت سایش و سندبلاست نیز بکار برد[۸،۷].

۹- نتیجه‌گیری و پیشنهادات

بر اساس مطالعات میکروسکوپی درجه آزادی کانسار سیلیس جشنی ۱۵۰ میکرون می‌باشدکاربرد سیلیس جشنی در صنایعی که حساسیت زیاد به ترکیباتی نظیر Fe_2O_3 و Al_2O_3 ندارند مانند صنایع سیمان ، فیلتراسیون، سایش و سندبلاست بدون انجام عملیات فرآوری امکانپذیر می باشد[۸].

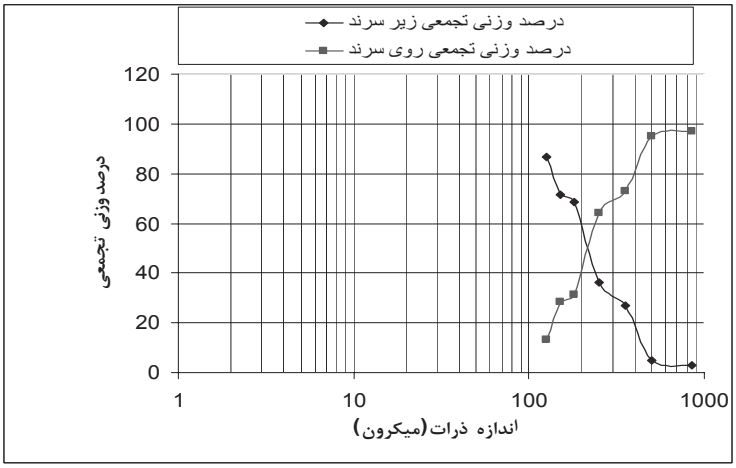
۱- کاربرد سیلیس جشنی در صنایع فروسیلیس، نسوز و پشم شیشه با انجام عملیات فرآوری ساده و حذف مختصر ترکیبات آهن و رس امکان پذیر می‌باشد.

۲- سیلیس جشنی در صنایع شیشه جام بدلیل عدم کاهش آهن در حد مورد نیاز، به خاطر محدودیت دانه‌بندی و عدم رسیدن ذرات به درجه آزادی مناسب،امکانپذیر نمی باشد ولی در تولید شیشه های رنگی قابل مصرف است [۱۲و۱۱].

۳- فلوشیت پیشنهادی خط فرآوری سیلیس جشنی طبق شکل شماره (۴) می‌باشد.در این فلوشیت دو محصول در نظر گرفته شده است محصول اول پس از عملیات سنگ شکنی که قابل مصرف در صنایع فیلتراسیون، سندبلاست و با یک مرحله شستشو برای صنایع نسوز به کار می‌رود و محصول دوم پس از خردایش توسط سنگ شکن و انجام عملیات نرمه‌گیری و جدایش مغناطیسی برای شیشه‌های با کیفیت پایین می‌تواند مصرف شود.

[Downloaded from jicers.ir on 2025-07-13]

[DOR: 20.1001.1.17353351.1385.2.1.2.8]



شکل ۴-فلوشیت پیشنهادی خط فرآوری سیلیس جشنی

۱۰- تشکر و قدردانی

در تکمیل و ارائه این تحقیق از راهنمایی‌ها و خدمات ارزنده کارشناسان سازمان توسعه و نوسازی معادن ایران، سازمان صنایع و معادن استان کردستان و شرکت تحقیقات و کاربرد مواد معدنی ایران استفاده گردیده است که نهایت تشکر و قدردانی از این عزیزان به عمل می‌آید .

۱۱- منابع و مأخذ

۱. برنا, بهروز و عشق‌آبادی, مرتضی،۱۳۷۵, گزارش اکتشاف کانسار سیلیس در محدوده‌های کانی جشنی و پیریونس.
۲. اصغری دستجردکی,رجب،۱۳۷۹، کاهش میزان آهن در سیلیس، پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه تهران.
۳. میر محمد علی, میرمحمدی ،۱۳۶۹، مواد اولیه صنایع شیشه نشریه کیمیا شماره ۹ صفحه ۱۹-۱۲
۴. شکوهی رازی, مهرداد ،۱۳۷۵, سیلیس از معدن تا مصرف، شرکت مهندسین مشاور کاوشگران.
۵. نگاهی به بازار و تولید سیلیس در ایران، نشریه تکنولوژی شیشه شماره ۱۶ و۱۷, صفحه۷۵-۷۳
۶. عربشاهی, علی هومن, ۱۳۷۶، خواص زمین‌شناسی معادن سیلیس مجله تکنولوژی شیشه، شماره۱۶و۱۷, صفحه۱۸-۱۵
۷. شرکت مهندسین مشاور معدنکاو ، گزارش پرعیارسازی سیلیس یارم قیه برای صنایع شیشه, ۱۳۶۹.
۸. کریم‌پور, محمدحسن،۱۳۷۲, کانی‌ها و سنگ‌های صنعتی, دانشگاه فرودسی مشهد, صفحه ۶۳-۶۲
9. Biskupski, V. S.,1965,The Rapid Determination of silica in Rocks and Mineral
10. Luuk K. Koopal, Tanya Goloub, Arie de Keizer and Marianna P. Sidorova,1999,The effect of cationic surfactants on wetting, colloid stability and flotation of silica , Colloids and Surfaces A: Physicochemical and Engineering Aspects Volume 151, Issues 1-2, 15 June, Pages 15-2
11. http://www.weldtechnology. Com/disp/silica-sand blasting-sand- Blaster- glass.
12. http://www.koicarp.net

[Downloaded from jicers.ir on 2025-07-13]

[DOR: 20.1001.1.17353351.1385.2.1.2.8]