



### بررسی امکانپذیری حذف مرحله فلوتاسیون در

### تولید سیلیس مرغوب

مهران قربانی<sup>\*</sup>؛ حسین مهروی<sup>\*\*</sup>؛ محمد کریمی<sup>\*\*\*</sup>

#### چکیده

در فرآوری مواد اولیه شیشه (سیلیس) و جدایش کانی های غیر مغناطیس آهن (هماتیت) از روش فلوتاسیون استفاده می شود. این روش به علت داشتن هزینه هایی از قبیل مصرف زیاد اسید، کلکتور، کف ساز، انرژی و استهلاک دستگاه ها، هزینه محصول نهایی را بالا می برد. لذا با توجه به تحقیقات صورت گرفته و اعمال نتایج این تحقیقات در خط تولید کارخانه فرآوری شرکت استخراج و فرآوری مواد اولیه شیشه قزوین، وجود کانی های غیر مغناطیس آهن که مشکل عمده موجود در تولید بودر سیلیس مرغوب می باشد از مقدار (0.07-0.17) درصد به حداکثر 0.03 درصد تقلیل پیدا کرد.

در عملیات قبلی و در مرحله فلوتاسیون ضرورت داشت pH به مقدار 1/8 رسیده تا کوارتز دارای نقطه بار صفر گردد و به حالت خنثی برسد. در این حالت هماتیت که دارای بار سطحی مثبت است، در حضور کلکتور آنیونی اضافه شده، از سیستم خارج می شود. اما با استفاده از روش جدید نیاز به رساندن کوارتز به حالت بار خنثی نبوده بلکه کافیسیت هماتیت (دارای پتانسیل بار صفر 6/7) که در آب تقریباً دارای بار صفر است با ایجاد محیط نسبتاً اسیدی در اسکرابر و با pH حدودی 3-4 دارای بار سطحی مثبت شود و در ادامه سطح کلاسیفایر که بر اثر وجود گروه های سیلیکات دارای بار منفی است هماتیت را جذب و از سرریز خارج می کند و در نهایت منجر به تولید محصول مرغوب سیلیس با درصد خلوص بالا (98.5٪) می گردد.

واژه های کلیدی: فلوتاسیون، سیلیس، هماتیت، کلکتور، کف ساز، اسکرابر، کلاسیفایر

\* شرکت استخراج و فرآوری مواد اولیه شیشه - کارشناس مهندسی اکتشاف معدن

Mehri\_h@yahoo.com

\*\* فرارگاه سازندگی خاتم الانبیا، (ص) - کارشناس ارشد مهندسی اکتشاف معدن:

آدرس: تهران، بونک، خیابان شهید فکوری، کوچه هفتم شرقی، پلاک 28 - کد پستی 1477674783

تلفن: 0936-9072593

karami.m\_en@yahoo.com

\*\*\* دانشگاه صنعتی امیرکبیر - دانشجوی کارشناسی ارشد فرآوری مواد معدنی:



### 1- مقدمه

صنعت شیشه از مواد مختلفی بعنوان مواد اولیه استفاده می نماید، که غالباً از معادن استخراج شده و سپس مورد فرآوری قرار می گیرند. میزان خلوص و همگنی مواد پس از فرآوری تأثیر بسزایی در کیفیت شیشه تولیدی دارد [2,11]. مهمترین ناخالصی های مطرح در صنعت شیشه اکسید آهن است که عیار بالای آن موجب کاهش کیفیت محصول می گردد [11]. وجود اکسید آهن در سیلیس مصرفی صنعت شیشه نه تنها باعث ایجاد رنگ های نامطلوب در آن می گردد، بلکه تغییرات بیش از حد مح از آن نیز اختلال در روند تولید را دارد. فلوتاسیون مستقیم هماتیت از روش های اصلی تولید سیلیس مرغوب است. با توجه به مشکلاتی از قبیل هزینه بالای این روش مانند هزینه مصرف زیاد اسید، کلکتور، کف ساز، هزیج برق و همچنین مشکلات واردات مواد شیمیایی (کلکتور<sup>1</sup> و کف ساز)، استفاده از روش های مناسب دیگر با حفظ کیفیت محصول توجه پذیر است. به همین دلیل جهت کاهش این مشکلات، کارخانه فرآوری شرکت استخراج و فرآوری مواد اولیه شیشه قزوین بر آن شد تا با استفاده از خواص سیلیس، تغییراتی را در شیوه فرآوری این محصول انجام دهد که در ادامه به تفصیل بیان می شود. در این مطالعه خوراک کارخانه فرآوری شرکت استخراج و فرآوری مواد اولیه شیشه قزوین که از معادن قزلقیه و قرمز آباد تهیه می شود آنالیز شده و با هر دو روش (با مرحله فلوتاسیون و بدون مرحله فلوتاسیون) تغلیظ شده و نتایج حاصل از فرآوری با هر کدام از روش ها ارائه و مقایسه شده است.

### 2- مواد و روش ها

#### 2-1- فرآوری با روش فلوتاسیون

در فرآوری سیلیس جهت جدایش هماتیت از مواد اولیه، از فلوتاسیون مستقیم هماتیت استفاده می شود. در عملیات فلوتاسیون که فلوته کردن هماتیت مد نظر است، اسید سولفوریک در تانک آماده سازی اضافه می شود تا pH محیط در حدود 1/8 گردد. در این حالت، کوارتز (که نقطه بار صفر آن 1/8 است) دارای سطح خنثی بوده و از ته ریز خارج می گردد [4]. ذرات هماتیت (که نقطه بار صفر آن 6/7 است) در pH کمتر از این مقدار دارای بار مثبت بوده و در حضور کلکتورهای آنیونی اضافه شده به محیط همراه با حباب های هوا از سرریز خارج و به سمت باطله هدایت می شود. قبلاً در کارخانه فرآوری مواد اولیه شیشه قزوین این عملیات به ترتیب زیر بر روی مواد اولیه که آنالیز آن در جدول 1 آورده شده است انجام می گرفت:

1. آسیاب نمودن سنگ سیلیس
2. سرند کردن سنگ سیلیس
3. نرمة گیری بوسیله هیدروسیکلون و کلاسیفایر ماریچی
4. اسکراب کردن<sup>2</sup> سیلیس
5. اضافه نمودن کلکتورهای اسید سولفوریک در مخزن آماده سازی<sup>1</sup>
6. انجام عمل فلوتاسیون با اضافه نمودن کف ساز

با انجام این مراحل، مقدار سیلیس از 94/8 درصد در مواد اولیه به مقدار 98/1 درصد در محصول و مقدار هماتیت از 0/134 درصد در مواد اولیه به مقدار 0/028 درصد در محصول می رسد.

<sup>1</sup> Frother  
<sup>2</sup> Collector  
<sup>3</sup> Scrubbing  
<sup>4</sup> Conditioner tank



نتایج آنالیز کنسانتره این مرحله در جدول 2 آمده است.

جدول (1): نتایج آنالیز سنگ سیلیس ارسالی از معدن قبل از عملیات فرآوری [3]

درصد وزنی ترکیبات	ترکیبات مواد اولیه
94.8	$SiO_2$
0.134	$Fe_2O_3$
3.04	$Al_2O_3$
-	$Cr_2O_3$
0.056	$MgO$
0.132	$CaO$
0.02	$Na_2O$
0.396	$K_2O$
0.281	$TiO_2$
1.02	<i>L.O.I</i>

### 2-2 فرآوری با حذف مرحله فلوئاسیون

در فرآیند جدید، تانک آماده سازی و سلول فلوئاسیون از مدار حذف شده است. در این عملیات با توجه به ماندگاری مناسب مواد در درون اسکرابر، pH محیط اسکرابر با افزودن اسید سولفوریک به مقدار 3 رسیده و پالپ پس از اختلاط کامل به کلاسیفایر می رود. در کلاسیفایر، سیلیس با دانه بندی (106+ و 600-) میکرون که محصول نهایی می باشد در اثر وزن خود از ته ریز خارج و به محصول نهایی تبدیل می شود [5]. در محیط بالای کلاسیفایر ذرات ریز گروه های سیلیکات و کانی های رسی قرار می گیرند. این ذرات که در pH ایجاد شده دارای سطح منفی هستند در بالای کلاسیفایر محیطی با بار منفی ایجاد می کنند. در این حالت ذرات همانیت که بار سطحی مثبت دارند با تمایل به محیط با بار مخالف، به سمت سرریز جذب شده و همراه با نرمة های سیلیس که خود از ناخالصی های سیلیس مرغوب محسوب می شوند، از سرریز کلاسیفایر خارج می شوند (جدول 3 و 4 را ببینید).

با انجام این روش مقدار سیلیس از 94/9 درصد در مواد اولیه به مقدار بیش از 98 درصد در محصول و مقدار ناخالصی همانیت از مقدار 0/165 در مواد اولیه به مقدار 0/03 درصد در محصول می رسد. فرآیند روش کنونی تولید سیلیس مرغوب عبارت است از:

1. آسیاب نمودن سنگ سیلیس
2. سرد کردن سنگ سیلیس
3. نرمة گیری بوسیله هیدروسیکلون و کلاسیفایر
4. اسکراب سیلیس و افزودن اسید سولفوریک در همین مرحله



5. شستشوی سیلیس در کلاسیفایر به همراه حذف نریمه و ناخالصی هماتیت  
جدول (2): نتایج آنالیز پودر سیلیس پس از عملیات فرآوری با سیستم فلوشیون [3]

ترکیبت مواد اولیه	درصد وزنی ترکیبات
$SiO_2$	98.1
$Fe_2O_3$	0.028
$Al_2O_3$	0.9
$Cr_2O_3$	-
$MgO$	0.017
$CaO$	0.007
$Na_2O$	0.01
$K_2O$	0.138
$TiO_2$	0.106
$L.O.I$	0.57

جدول (3): آنالیز سنگ سیلیس ارسالی از معدن قبل از عملیات فرآوری با روش جدید [3]

ترکیبت مواد اولیه	درصد وزنی ترکیبات
$SiO_2$	94.9
$Fe_2O_3$	0.165
$Al_2O_3$	2.05
$Cr_2O_3$	-
$MgO$	0.047
$CaO$	0.044
$Na_2O$	0.1
$K_2O$	0.51
$TiO_2$	0.19
$L.O.I$	0.92



جدول (4): آنالیز پودر سیلیس پس از حذف فلوتاسیون و بکارگیری شیوه جدید [3]

درصد وزنی ترکیبات	ترکیبات مواد اولیه
98	$SiO_2$
0.03	$Fe_2O_3$
1	$Al_2O_3$
-	$Cr_2O_3$
0.03	$MgO$
0.029	$CaO$
0.05	$Na_2O$
0.2	$K_2O$
0.05	$TiO_2$
0.5	<i>L.O.I</i>

### 3- بحث و نتایج

نتایج حاصل از آنالیزهای مواد اولیه و محصولات که برای دو روش مختلف ارائه شد نشان می دهد که حذف مرحله فلوتاسیون با وجود رفع بسیاری از مشکلات یاد شده می تواند محصول مرغوب مورد نیاز صنعت را تولید کند. از مشکلات روش فلوتاسیون علاوه بر موارد بیان شده، تنظیم میزان کف ساز در تناژ پایین تولید، هزیرع بالای استهلاک دستگاهی، هزینه برق دستگاه هایی از قبیل تانک آماده سازی و سلول های فلوتاسیون می باشد که همانند سایر هزینه ها با حذف مرحله فلوتاسیون از بین می روند. این روش که هم اکنون در کارخانه فرآوری مواد اولیه شیشه قزوین استفاده می شود در معادن دیگر سیلیس نیز نتایج خوبی را نشان داده است.

### 4- نتیجه گیری

1. با ایجاد محیط مناسب در کلاسیفایر می توان از این دستگاه در حذف ناخالصی ها استفاده کرد.
2. بکارگیری این روش باعث کاهش مصرف اسید، کلکتورها، کف ساز، و کاهش مصرف انرژی گردیده و در نتیجه موجب بهینه سازی سیستم تولید، استفاده بهینه از منابع، کاهش هزینه ها و سود آوری شرکت شده است.
3. روش یاد شده تا حدود زیادی موجب بی اثر نمودن تحریم های واردات مواد شیمیایی مورد نیاز در بخش کانه آرایی در سطح شرکت را به دنبال داشته است.
4. این روش موجب سادگی فلوشیت عملیات فرآوری جهت بررسی و کنترل فرآیند شده است.



#### سپاسگزاری

از دوست ارجمندم جناب آقای مهندس فرزاد مهدوی به جهت همکاری در تهیه این مقاله کمال تشکر را دارم.

#### مراجع

- [1]- Austin, T. G. (1984). Shreve's chemical process industries. 5 th Edition, McGraw-Hill Book Company, New York, pp. 197.  
[2] - Carr, D. (1994). Industrial Minerals and Rocks. 6 th Edition, SME Publishers, PP. 879.  
[3] گزارشات شرکت استخراج و فرآوری مواد اولیه شیشه فزوبن  
[4] رضایی، بهرام، فلوتاسیون، انتشارات دانشگاه هرمزگان، چاپ دوم، 1378  
[5] نعمت الهی، حسین، کانه آرایی، انتشارات دانشگاه تهران، 1371

اولین همایش ملی معدن و علوم وابسته  
اسفند ۱۳۸۸  
واحد طبس