

تأثیر فلوتور در خوردگی تجهیزات کوره و تشکیل کورد در شیشه مذاب

علی آراسته نوده^{۱*}، آیلا حضرت حسینی^۲، فاطمه وحیدیان^۳، احمد فرزادگان^۴

۱- قوچان، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد قوچان، گروه مهندسی شیمی

۲- مشهد، دانشگاه فردوسی مشهد، دانشکده علوم، گروه شیمی

۳- مشهد، شرکت تحقیقاتی مقصود کاوان شرق

۴- مشهد، شرکت سپیده جام طوس

پیام‌نگار: aliarastehnodeh@yahoo.com

چکیده

کورد به صورت ناهمگنی شیشه‌ای در محصولات خروجی نوعی از شیشه‌های سرامیکها (پال) دیده می‌شود. این عیب که به صورت نقاط تاریک و گاهی رنگی در بستر روشن محصول قابل مشاهده است در اثر ناهمگنی در مواد اولیه حاصل می‌گردد. به جهت بررسی علت این ناهمگنی از بستر مذاب و کورد و تجهیزات در تماس با مذاب نمونه برداری و آنالیز صورت گرفت. نتایج نشان می‌دهد یکی از مهم ترین دلایل بروز این عیب خوردگی آجرهای تماسی و الکترودهای کوره مذاب در اثر فلوتور موجود در مذاب می‌باشد. بنابراین جایگزینی یک ماده بلور ساز دیگر به جای فلوتور می‌تواند نقش مهمی در کاهش خوردگی تجهیزات و تشکیل کورد داشته باشد.

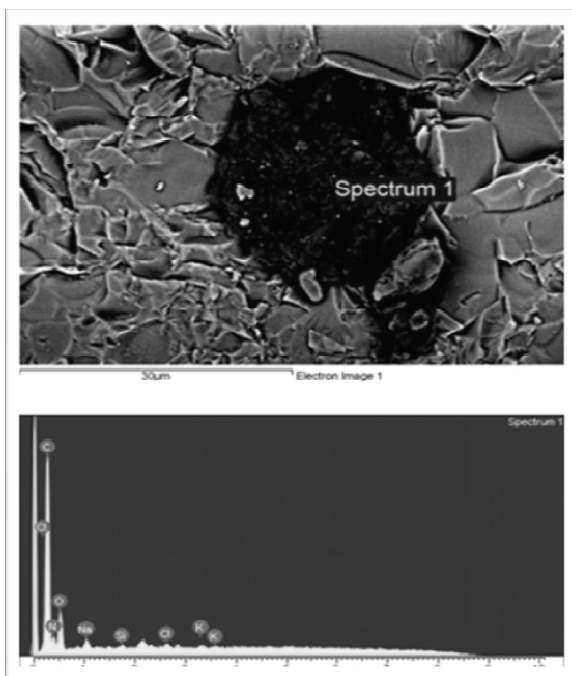
کلمات کلیدی: کورد، شیشه سرامیک، فلوتور، خوردگی

۱- مقدمه

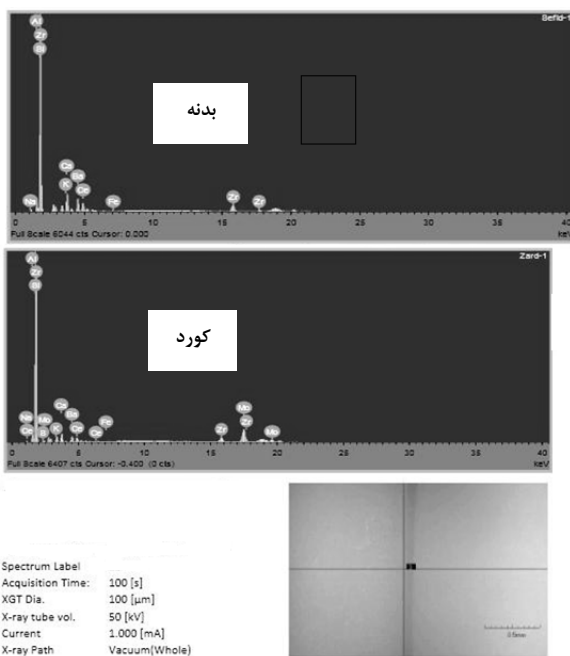
فلوتور خالص، گاز زرد رنگ و فرسایشگری است که عامل اکسیدکننده‌ای قوی و الکترون‌گاتیبترین عنصر جدول تناوبی می‌باشد. این گاز از تمامی عناصر، الکترون‌گاتیبتر و واکنش پذیرتر بوده و همیشه بصورت ترکیب وجود دارد. تمایل واکنش با سایر عناصر مخصوصاً سیلیکون به حدی است که نه می‌توان آنرا در ظروف شیشه‌ای تهیه و نه در آنها نگهداری کرد. نام فلوتور هم بدین دلیل از کلمه یونانی فتورس به معنی مخرب به خاطر فعالیت شیمیایی شدید فلوتور انتخاب شده است. عوارض کار با فلوتور به حدی است که چندین دانشمند در راه تهیه فلوتور جان خود را از دست دادند. کوششهای آنها به این خاطر به شکست انجامید که آنها نمی‌توانسته‌اند بر میل ترکیبی شدید فلوتور که باعث ترکیب

شیشه سرامیک‌ها جامدات پلی کریستالین در بستری از فاز شیشه آمرف می‌باشند [۱] و از طریق فرایند معمول ساخت شیشه یعنی ذوب مواد اولیه و شکل دادن آنها ساخته می‌شوند [۲]. پس از تهیه قطعه شکل داده شده، این قطعه تحت عملیات حرارتی قرار گرفته تا بصورت جزئی و یا کامل تبلور یافته و به محصول شیشه سرامیک تبدیل گردد [۲]. در ساختار نوعی از این شیشه سرامیکها که به اصطلاح پال گفته می‌شود از اکسیدهایی مانند اکسید سلیسیم، اکسید آلومینیم، اکسید سدیم، اکسید بر، اکسید زیرکونیوم به عنوان ماده اصلی و از فلوتور به عنوان عامل تبلوردهنده استفاده می‌گردد. [۳].

استفاده شد که با توجه به اینکه پراش آنها تفاوت چندانی نداشت (شکل (۳) و (۴)) می‌توان دریافت که کورد ماهیت شیشه‌ای دارد.



شکل ۱- نتایج حاصل از میکروسکوپ الکترونی ناحیه کورد



شکل ۲- آنالیز میکروپروب پرتوهای X یک نقطه از اپال بدون لکه در مقایسه با کورد

شدید و آنی فلوتور با هر چیزی، از جمله مصالح مصرفی در ساخت ابزار آزمایشگاه، می‌شود فائق آیند.

در تهیه شیشه سرامیک‌های اپال از فلوتور به عنوان ماده بلور ساز استفاده می‌گردد. این ماده بصورت ترکیب در کریولیت (Na_3AlF_6) به همراه سایر مواد تشکیل دهنده شیشه سرامیک پس از وزن کشی و ترکیب در کوره الکتریکی تا 1400°C درجه سانتیگراد حرارت دیده و تشکیل مذاب همگن می‌دهند و پس از شکل‌دهی مذاب تحت عملیات حرارتی قرار می‌گیرند. در این فرایند عیوب مختلفی از قبیل حباب، استون، ترک، ناهمگنی و کورد می‌تواند بوجود آید [۴].

کورد مطابق با استاندارد CSN 700020 به صورت ناهمگنی شیشه‌ای (غیر کریستالی) در شیشه تعریف می‌گردد که دارای ترکیب شیمیایی، تاریخچه حرارتی و آرایش ساختاری متفاوتی نسبت به شیشه پایه است و منشأ آن ناهمگنی مواد اولیه، خوردگی آجرهای نسوز و نوسانات دمایی کوره می‌تواند باشد. این عیب از طریق روش انعکاسی می‌تواند شناسایی گردد و در قطعات شکل یافته بصورت لکه های رنگی در بدنه کاملاً مشاهده می‌گردد.

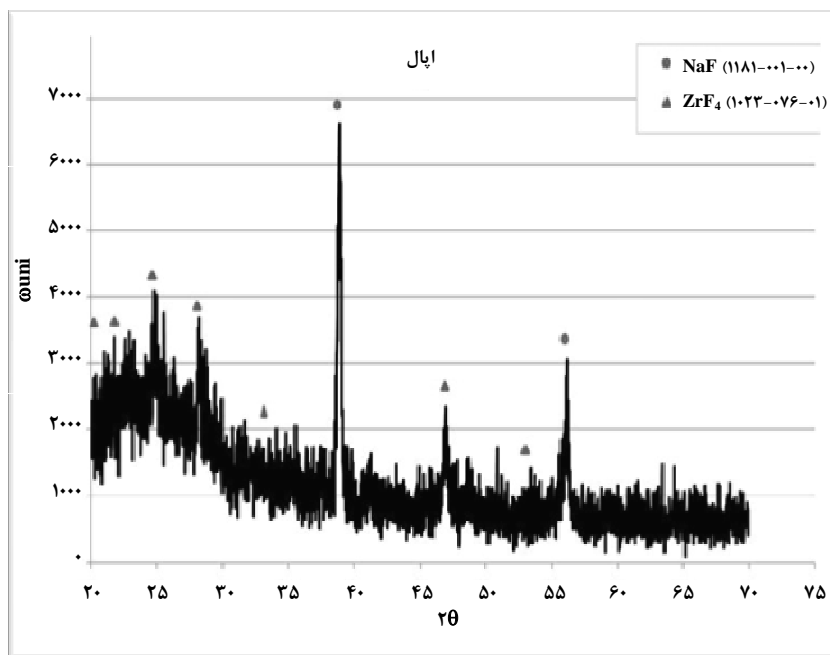
در این مقاله علت تشکیل کورد و عوامل موثر بر آن در شرکت سپیده جام طوس بررسی شده است.

۲- روش انجام آزمایش

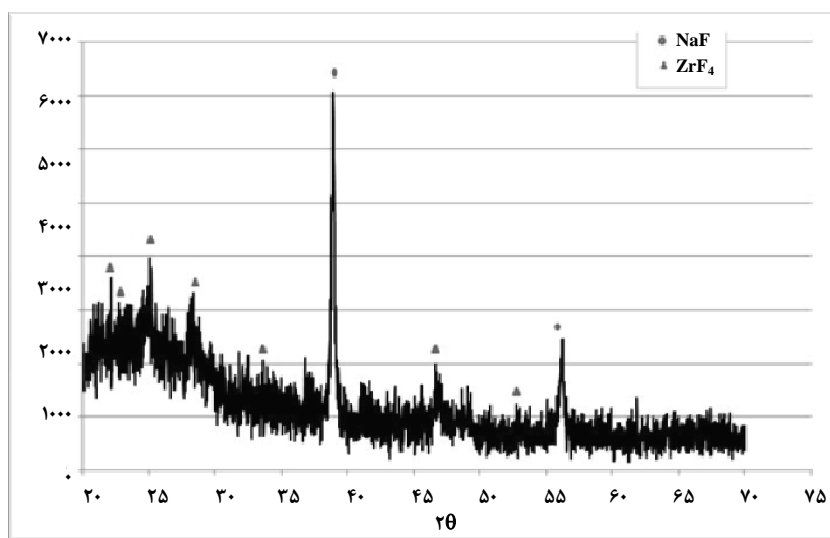
برای بررسی منشأ کوردهای ایجاد شده، تعدادی از کوردها با استفاده از قرار گرفتن در مقابل نور شناسایی و با دستگاه برش از آنها نمونه‌برداری گردید و ترکیب شیمیایی قسمت سفید و قسمت رنگی آن توسط آنالیز میکروپروب اشعه X تعیین گردید. همچنین از قسمتهای خورده شده کوره و الکتروود و مواد اولیه مورد استفاده نیز آنالیز شیمیایی صورت گرفت.

۳- بحث و بررسی

شکل (۱) نتایج حاصل از میکروسکوپ الکترونی و شکل (۲) نتایج حاصل از میکروپروب اشعه X و جدول (۱) مقایسه بین ترکیب شیمیایی کورد و بدنه اطراف آنرا نشان می‌دهد. همچنانکه این جدول نشان می‌دهد مولیبدن عنصر جدید در ترکیب کورد ایجاد شده می‌باشد در حالی که سایر ترکیبات آن با ترکیب بدنه اطراف برابری می‌نماید. برای شناسایی کاملتر از پراش اشعه X کورد و بدنه



شکل ۳- پراش پرتو X بدنه



شکل ۴- پراش پرتو X کورد

جدول ۱- ترکیب شیمیایی بدنه در مقایسه با کورد

MoO ₃	F	B ₂ O ₃	BaO	ZrO ₂	CaO	K ₂ O	Al ₂ O ₃	Na ₂ O	SiO ₂	
۰	۵/۰۳	۲/۰۱	۱۲/۵۹	۰/۲۱	۱/۵	۰/۶۸	۵/۶۵	۷/۴۱	۶۸/۷۵	بدنه
۰/۵۶	۵/۰۳	۲/۰۱	۱۱/۶۵	۰/۱۷	۰/۸۱	۰/۶۹	۵/۵۲	۷/۴۵	۶۸/۶۵	کورد

وجود مقادیری بیش از حد موجود در ترکیب نقش اکسیدهایی مانند اکسید سدیم - اکسید پتاسیم و بخصوص فلئور را در خوردگی الکتروود مولیبدن نشان می‌دهد. برای بررسی بیشتر نقش فلئور از ناخالصی آجر نیز آنالیز شیمیایی به عمل آمد که جدول (۳) نتایج آن را نشان می‌دهد.

۴- نتیجه‌گیری

نتایج به روشنی تأثیر فلئور موجود در بستر شیشه مذاب را در خوردگی تجهیزات کوره بویژه الکتروودها و آجرها نشان می‌دهد. بنابراین لازم است استفاده از دیگر مواد بلورساز در بستر شیشه به عنوان ماده تبلوردهنده در شیشه سرامیک مورد بررسی قرار گیرد.

وجود مولیبدن در کورد قاعدتا ناشی از خوردگی الکتروودهای مولیبدنی موجود در کوره بوده که بطور مستقیم با مذاب در حال تماس می‌باشند.

امروزه مولیبدن به دلیل نقطه ذوب، هدایت الکتریکی و حرارتی بالا و ویژگی مکانیکی عالی به عنوان الکتروود در صنعت شیشه مورد استفاده قرار می‌گیرد. این الکتروودها به مرور زمان در اثر واکنش با یونهای چند ظرفیتی [۴] و یا سولفور [۵و۶] و کاتیونهای فلزی [۷] موجود در مذاب واکنش داده و خورده می‌شوند و پوسته ضعیفی بر روی آنها تشکیل می‌گردد. این پوسته در اثر سرد و گرم شدن الکتروود از الکتروود جدا شده و تولید کورد می‌نماید. برای بررسی علل ایجاد خوردگی از الکتروود، پوسته تشکیل شده بر روی الکتروود و ناخالصی‌های اطراف الکتروود نمونه برداری و توسط میکروپروپ اشعه X از آنها آنالیز شیمیایی گرفته شد. جدول (۲) نتایج حاصل را نشان می‌دهد.

جدول ۲- ترکیب شیمیایی الکتروود در مقایسه با پوسته و ناخالصی تشکیل شده بر روی آن

MoO ₃	Mo	F	BaO	ZrO ₂	CaO	K ₂ O	Al ₂ O ₃	Na ₂ O	SiO ₂	
۰	۹۹/۷	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	الکتروود
۴/۸	۰	۱۹/۵	۱/۰۴	۰/۲۲	۲/۰۵	۰/۹	۶/۰۶	۲۰/۸	۴۴/۳	ناخالصی
۱۸/۶	۰	۴۷/۷	۰	۰/۶۸	۰/۱۳	۴/۸۳	۶/۲۸	۱۱/۷	۱/۰۸	پوسته

جدول ۳- ترکیب شیمیایی خوردگی مشاهده شده در روی آجرها

MoO ₃	Mo	F	BaO	ZrO ₂	CaO	K ₂ O	Al ₂ O ₃	Na ₂ O	SiO ₂	
۰	۰	۶/۳۷	۰	۰/۱۵	۰/۱۶	۰/۹۷	۵۰/۸	۵/۷۶	۳۳/۱	ناخالصی آجر

مراجع

- [1] Zdenek Strnad, "Glass - ceramic material", Elsevier, p 5, (1986).
- [۲] واهاک مارقوسیان، "شیشه، ساختار، خواص و کاربرد"، انتشارات دانشگاه علم و صنعت، صفحه ۳۶۵، (۱۳۸۱).
- [3] Dyament I., Abyzov A., "Crystal nucleation and growth kinetics of NaF in photo-thermo-refractive glass", Journal of Non-Crystalline Solids, Volume 378, 15, Pages 115-120, October (2013).
- [4] Vanmoortel, I., "The influence of polyvalent metal cations on the corrosion rate of molybdenum in molten glass", journal of non-crystalline solids 353, 2179-2185, (2007).
- [5] Min'ko, N. I., "the effect of process parameters on the stability of molybdenum electrodes in glass-melting furnace", Glass and Ceramics (2000).
- [6] Ranmoortel, I., de Strycker, J., "Insight into the oxidation mechanism of molybdenum in molten Glass", ceramic- silikaty 52(1)1-7, (2008).
- [7] Ranmoortel, I., de Strycker, J., "The influence of polyvalent metal cations on the corrosion rate of molybdenum in molten glass", Journal of non-crystalline solids, 353, 2179-2185, (2007).