فصلنامه علمی پژوهشی زمین شناسی محیط زیست
سال هفتم، شماره ۲۳، تابستان ۱۳۹۲

امکان سنجی استفاده از میکای تلقیح شده با اسید بوریک و شیشه برای جلوگیری از نشت و اختلاط گازهای مصرفی در پیلهای سوختی دمابالا

حمید عبدلی[۱] ، علیرضا حسینی مقدم[۲]، سید امیر راستی الحسینی [۳]

۱- دانش آموخته دکتری مهندسی مواد- دانشگاه تربیت **مدرس**hamidabdoli@yahoo.com

۲- استادیار دانشگاه آزاد اسلامی واحد الیگودرز

۳- استادیاردانشگاه آزاد اسلامی واحد الیگودرز

تاریخ دریافت مقاله: ۹۱/۲/۲۵ تاریخ تصویب: ۹۲/۱/۱۹

چکیده

در این پژوهش، امکان استفاده از میکا برای این کاربرد مورد بررسی قرار گرفت. ابتدا از گسکت میکایی شامل فلس‌های کوچک میکای فلوگوپیت که توسط مواد آلی به یکدیگر چسبیده بودند استفاده و عملکرد آن در جلوگیری از نشت گاز در دستگاه مخصوصی که عملکرد پیل سوختی را شبیه سازی می کند (در اتمسفر هوا، دمای ^{o}C ۸۰۰ و به مدت زمان ۱۰۰ ساعت) بررسی شد. به دلیل حرارت دهی میکا در حین سرویس، این چسب‌ها از گسکت خارج و حفرات به جا مانده به عنوان مسیر نشت عمل کردند. این مسیر نشت توسط اسید بوریک پر شده و عملکرد میکا تا میزان ۲۰٪ بهبود یافت. مسیر اصلی نشت (فصل مشترک میکا واجزای مجاور) به کمک لایه ای از جنس شیشه پر شده و عملکرد موفقیت آمیزی در استفاده از میکا به همراه لایه شیشه ای در پیشگیری از نشت ملاحظه شد.

واژگان کلیدی: انرژی، محیط زیست، پیل سوختی، ریزساختار، میکا، شیشه، نشت گاز.

مقدمه

میکا اصطلاحی عمومی است که به گروهی از کانی-های آلومینوسیلیکات با ساختار سیلیکات‌های صفحه ای گفته می‌شود که از ترکیبات فیزیکی و شیمیایی مختلف تشکیل شده‌اند. کانی‌های خانواده میکا شامل موسکوویت، بیوتیت، فلوگوپیت، لپیدولیت و ناترونیت می‌گردند [۱].

میکاها را از نظر نوع آنها به دو گروه موسکوویت صفحه ای و پولکی، تقسیم می نمایند [۲].الف) موسکوویت نوع صفحه ای: موسکوویت نوع صفحه ای در صنعت الکترونیک (خازنها و لامپها) و همچنین به دلیل خاصیت دی الکتریک آن در ساخت لوازم عایق حرارتی و الکتریکی کاربرد دارد. به علت

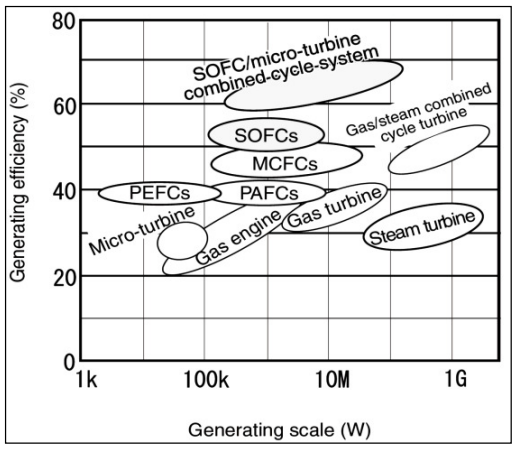
مقاومت بالای حرارتی و شفاف بودن آن، در پنجره های کوره‌های الکتریکی از مسکویت بهره می‌گیرند.

ب) موسکوویت نوع پولکی: موسکوویت نوع پولکی آن بیشتر برای ساختن صفحه‌های میکایی به کار می-رود.مصارف بیشتر مسکویت پولکی عبارتند از: پرکننده در سیمان، آسفالت و رنگ، تزیین بتن، جلوگیری از گیرکردن مته‌ها به هنگام حفاری، و نوع بسیار دانه ریز مسکویت برای بالا بردن مقاومت رنگ در برابر رطوبت، چسبندگی و فرسایش به کار می-رود.از بین کانی‌های میکا، موسکوویت به خاطر خواص فیزیکی، شیمیایی، حرارتی و مکانیکی استثنایی که دارد، در صنعت کاربرد فراوان دارد. ورمیکولیت و فلوگوپیت هم مانند میکا از اهمیت برخوردار هستند. از بیوتیت به ندرت در مصارف صنعتی استفاده می‌شود. موسکوویت نوع صفحه‌ای در الکترونیک (خازن‌ها و لامپ‌ها)، ساختن ورقه و همچنین به دلیل خاصیت دی الکتریک آن در ساخت لوازم عایق حرارتی و الکتریکی کاربرد دارد. به علت مقاومت بالای حرارتی و شفاف بودن آن، در پنجره-های کوره‌های الکتریکی از مسکویت بهره می‌گیرند. موسکوویت نوع پولکی بیشتر برای ساختن صفحه-های میکایی به کار می‌رود. مصارف بیشتر موسکوویت پولکی عبارتند از: پرکننده در سیمان، آسفالت و رنگ، تزیین بتن، جلوگیری از گیرکردن مته‌ها به هنگام حفاری، و نوع بسیار دانه ریز مسکویت برای بالا بردن مقاومت رنگ در برابر رطوبت، چسبندگی و فرسایش به کار می‌رود. میکای ورقه‌ای با کیفیت بالا، عمدتاً مسکویت، در بسیاری از صنایع خصوصاً الکتریسیته به کار می‌رود[۳]. این امر به دلیل آن است که این کانی دارای مقاومت دی الکتریک بالاست. همچنین استفاده از این کانی از اتلاف انرژی جلوگیری می‌کند. از دیگر مشخصه‌های این کانی حساسیت الکتریکی بالا و ضریب حرارتی پایین می‌باشد. علاوه بر این خصوصیات، میکا در دمای بالا مقاوم باقی می‌ماند.

پنجره‌هایی که از میکا ساخته می‌شود دارای مقاومت مکانیکی بالایی هستند و از هدر رفتن انرژی جلوگیری می‌کنند. انواع میکا دارای ضریب دی الکتریک بین ۵ تا ۷ است. به طوری‌که ازآن می‌توان در ساختن خازن استفاده کرد. خواص الکتریکی و مکانیکی بالای میکا همراه با چسبندگی کم و همچنین توانایی دور کردن گرما از خود باعث شده است که از آن در ساختن ترانزیستور استفاده شود و از میکاها با ضخامت ۰/۱ میلی متر برای ساختن پوشش برای سیم‌ها استفاده می‌شود. کاربرد این سیم-ها بیشتر در مبدل های الکتریکی است، که باعث کوچک‌تر شدن و سبک‌تر شدن آنها می‌شود. مقاومت بالای میکا درمقابل گرما، چگالی کم و مقاومت مکانیکی بالای آن باعث شده است که از آن در ساختن مقاومت‌های الکتریکی استفاده شود. همچنین میکا، به دلیل بالا بودن کیفیت در تولید لیزرهای هلیوم نئون فیلترهای اپتیکی مخصوص، آسترها و پوشش برای شیشه‌هایی که باید فشار بالای بخار را تحمل کنند، ساخت دیافراگم برای وسایل تنفس اکسیژن، وسایلی جهت ردیابی و همچنین وسایلی برای سنجش گرما استفاده می‌شود [۵-٤]. کاربرد دیگر آن بر پایه خواص حرارتی میکا، به عنوان ماده آب بند برای کاربری در پیل سوختی اکسید جامد (Solid Oxide Fuel Cell یا SOFC) است. پیل‌های سوختی ابزار فن‌آوری جدیدی تولید انرژی هستند که بدون ایجاد آلودگی‌های زیست محیطی و صوتی، از ترکیب مستقیم بین سوخت و

اکسیدکننده، انرژی الکتریکی با بازدهی بالا تولید می‌کنند. پیل سوختی، سوخت (مانند هیدروژن، متانول، گاز طبیعی، بنزین و...) و اکسیدان (مانند هوا و اکسیژن) را به برق، آب و حرارت تبدیل می‌کند. به عبارت دیگر پیل سوختی شبیه یک باطری بوده ولی بر خلاف باطری نیاز به انبارش (شارژ) ندارد و تا زمانی که سوخت و هوای مورد نیاز پیل تأمین شود، سیستم کار خواهد کرد. پیل‌های سوختی می‌توانند سوخت‌های حاوی هیدروژن مانند متانول، اتانول، گاز طبیعی و حتی بنزین و گازوئیل را مورد استفاده قرار دهند. پیل‌های سوختی در کاهش آلودگی محیط زیست نقش بسزائی داشته و بخاطر عدم بکارگیری قطعات مکانیکی زیاد، ایجاد آلودگی صوتی نیز نمی‌نماید. علاوه بر آن سیستم پیل سوختی از کارائی نسبتاً بالائی نسبت به موتورهای احتراق درونسوز برخوردار است[۷-٦].

پیل سوختی اکسید جامد یکی از انواع پیل‌های سوختی است که در دمای بین ٦۰۰ تا ۱۰۰۰ درجه سانتیگراد و با بازده حدود ٦۰ درصد کار می‌کند. مهمترین ویژگیهای این نوع پیل سوختی این است که به علت عملکرد دمایی بالا دارای بیشترین راندمان نسبت به سایر پیل‌های سوختی می‌باشد، از گرمای تولید شده می‌توان برای افزایش بازدهی مجدد استفاده نمود، امکان بازسازی درونی سوخت به خاطر عملکرد دمایی بالا وجود دارد، تبدیل سوخت خام به هیدروژن، با استفاده از گرمای تولید شده، توسط پیل صورت می گیرد و نیازی به مبدل خارجی نیست، مونوکسید کربن و گوگرد مسموم کننده الکترودهای پیل سوختی اکسید جامد نیستند، حتی منوکسید کربن به عنوان سوخت استفاده می شود، نیازی به کاتالیست های گران قیمت ندارد، نیازی به تزریق مجدد الکترولیت آن نمی باشد، سوخت های متنوعی در آن قابل استفاده است، تمام اجزای آن جامد هستند و قابلیت طراحی به اشکال مختلف را دارند و درجه حرارت بالای پیل باعث تخریب آنها نمی‌شود. از آنجایی‌که پیل سوختی اکسید جامد دارای الکترولیت جامد است مشکل خوردگی مواد کم می‌باشد. برای ساخت اجزای پیل می‌توان از فن‌آوری لایه نازک استفاده نمود. ولی در پیل‌های سوختی با الکترولیت مایع چنین امری دست نیافتنی است. بازدهی SOFC بالا می باشد و از گرما و بخار آب تولید شده در آن از سیکل ترکیبی می توان استفاده کرد که بدین ترتیب بازده سیستم افزایش می یابد (شکل ۱) [۹-۸].



شکل۱- بازده بالای پیل سوختی اکسید جامد نسبت به سایر منابع تولید توان.

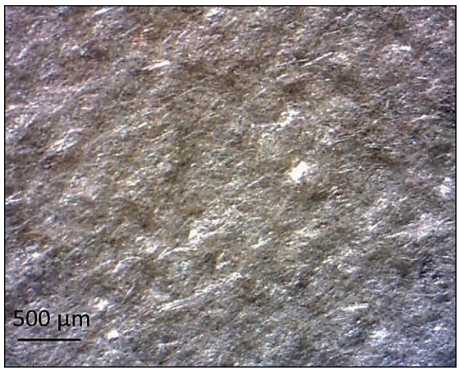
در این نوع پیل سوختی الکترون‌ها پس از طی کردن یک مسیر خارجی وارد الکترود کاتد می‌شوند و در فصل مشترک کاتد و الکترولیت در تماس با اکسیژن، یون اکسید تولید می‌شود. یون اکسید از طریق الکترولیت به فصل مشترک الکترولیت و الکترود آند منتقل شده و در این نقطه باواکنش با هیدورژن یا CO محصولات آب و یا CO_2 تولید می‌شود و الکترون حاصل ازواکنش، توسط الکترود آند در مسیر جریان خارجی قرار می‌گیرد [۱۰].

پیل سوختی اکسید جامد اغلب از چهار بخش تشکیل شده که شامل الکترولیت، آند، کاتد و اتصال‌دهنده‌ها می‌باشد. مهمترین مساله طراحی مناسب مجموعه ای از سل (پیل) هاست تا بتوان بیشترین توان را از مجموعه استحصال کرد. توان خروجی در پیل رابطه مستقیمی با نوع طراحی سل و مجموعه آنها دارد. به تودهٔ ساخته شده از چیدن سل‌ها که با صفحات اتصال دهنده به یکدیگر ارتباط دارند، استک یا توده می‌گویند. ساخت استک در ابعاد گوناگون، با دشواری های زیادی روبروست، اما مهمترین معضل آب بندی استک می-باشد. در طراحی صفحه‌ای به آب‌بندی چندگانه نیاز است، در حالی که در طراحی لوله‌ای غالباً نیازی به آب‌بندی نیست [۷]. خواص عمده‌ای که معمولاً ازآب-بندها انتظار می‌رود عبارتند از ایجاد عایق کاری الکتریکی بین صفحات اتصال دهنده مجاور (خنثی بودن الکتریکی و یونی)، ایجاد عایق بین اتصال دهنده و قیود که منجر به مقاومت سطحی منیمم می‌گردد، مقاومت الکتریکی بالک کافی[۸]. میکا یکی از انواع رایج آب بند مورد استفاده است. این آب‌بندها مواد تغییرشکل‌پذیری هستند که تحت اعمال نیرو قرار می-گیرند و به این وسیله دیگر الزام به همخوان‌بودن ضریب انبساط حرارتی آب‌بند با سایر اجزا از بین می-رود. به بیان دیگر، از آنجا که این آب‌بندها برای تحمل خزش فصل مشترک طراحی شده‌اند، انبساط اجزای آب‌بندی شده را تحمل می‌کنند و محدودیت کمینه بودن اختلاف ضریب انبساط حرارتی حذف می‌گردد. به علاوه به دلیل عدم ایجاد اتصال، تعویض آب‌بند و یا تعمیر آن به سادگی امکان پذیر است. در مقابل معمولاً نیازمند استفاده از یک فریم فشاری هستند که طراحی را دشوار و هزینهٔ ساخت را بیشتر می‌کند. به علاوه میزان فشار اعمالی در کیفیت اتصال الکتریکی بین اجزاء موثر است. میکایی که در پیل سوختی به عنوان آب‌بند مورد استفاده قرار می‌گیرد، ورقه‌های تک بلور مسکوویت و صفحات فلوگوپیت است[۱۲-۱۱].

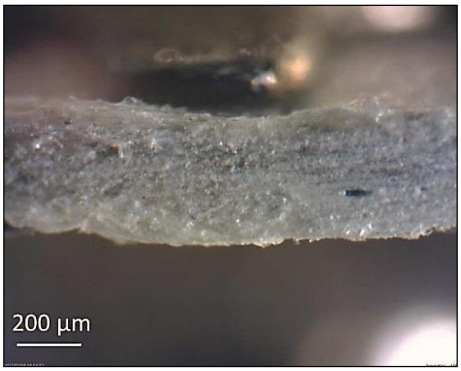
در این تحقیق، پتانسیل استفاده از میکا به عنوان آب بند مورد مصرف در پیل‌های سوختی دمابالا مورد بررسی قرار گرفت.

مواد و روشها

میکای مورد استفاده در این پژوهش به صورت ورق میکایی متشکل از پولکهای مجزای میکا بود که بر روی یکدیگر فشرده شده اند. تصویر تهیه شده از آن که به وسیلهٔ میکروسکوپ نوری به دست آمده است در شکل ۲ و ۳ دیده می شود.



شکل۲- تصاویر سطح گسکت میکا.



شکل۳- تصویر مقطع گسکت میکایی در بزرگنماییهای مختلف.

برای آگاهی از فاز یا فازهای عمدهٔ تشکیل دهنده میکا (نوع کانی عمده) نمونه ها به کمک آزمون پراش پرتو ایکس (XRD) مورد شناسایی فازی قرار گرفت.

به منظور مقایسه رفتار عملکردی میکا در جلوگیری از نشت و ارتقای آن، فضای بین فلسها توسط اسید بوریک پر شد. به این عمل تلقیح کردن گفته می شود که در تعبیر علمی عبارت است از نفوذدهی یک سیال (معمولا مایع یا مذاب) به درون یک ساختمان متخلخل، به منظور پرکردن فضاهای خالی آن. برای تهیه میکای تلقیح شده، ورق میکایی به مدت ٤ ساعت در دمای ۷۰۰ °C حرارت دهی شد تا چسبهای آن خارج گردد. از اسید بوریک خالص خریداری شده از شرکت مرک آلمان، برای نفوذدهی به میکا استفاده شد.

پودر جامد اسید بوریک در آب دی یونیزه تا رسیدن به محلول اشباع حل شد. به علت پایین بودن حلالیت اسید بوریک در دمای اتاق، به کمک استیرر، دمای حلال به ۸۰–۹۰ °C رسید و اسید بوریک با غلظتی در حدود ۳۰۰–۲۵۰ گرم در لیتر آب، در آب دی یونیزه حل شد. ورق میکا به مدت دو دقیقه در محلول قرار داده شد تا در اثر نیروهای کاپیلاری، محلول به فضاهای مابین فلسهای میکا رسوخ کند. سپس ورقهای اینفیلتره شده در دمای ۵۰ °C به مدت چند ساعت نگهداری شد تا خنک شود. به دلیل افزایش حجم ناشی از رسوخ محلول آبی به درون میکا، ورق میکایی پس از خشک شدن در خشک کن، توسط پرس دستی، پرس شد.

جهت بهبود بیشتر عملکرد، از دو لایهٔ شیشه‌ای استفاده شدکه بین میکا و جزء همسایه آن قرار می-گیرند. جهت تهیه شیشه، مواد عبارت بودند از SiO_2 همدان با خلوص ۹۹٪< (H_3BO_3، $SrCO_3$ و Al_2O_3 که از شرکت مرک و با خلوص آزمایشگاهی تهیه شدند.

جدول ۱– تجزیهٔ شیمیایی شیشه مورد استفاده بر حسب درصد مولی

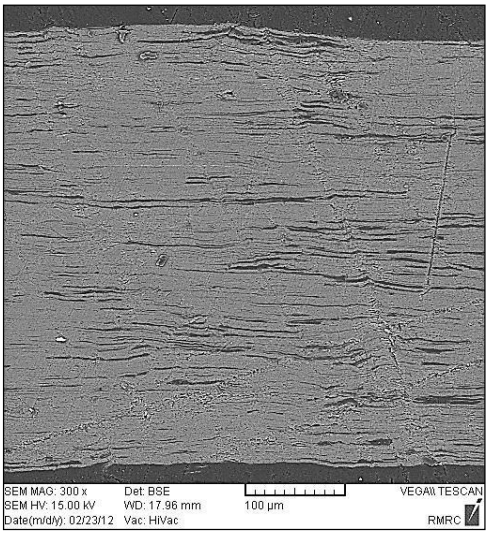
SiO_2	B_2O_3	Al_2O_3	SrO
۳۰	۱۰	۵	۵۵

مواد اولیه به مدت یک شب با یکدیگر مخلوط و همگن سازی شدند. سپس به منظور تهیهٔ مذاب، درون بوتهٔ آلومینایی داخل کوره با نرخ ۱۰ °/min تا ۱٤۰۰ °C حرارت دهی شدند. پس از ماندگاری در این دما به مدت ٤۵ دقیقه، مذاب شیشه در داخل ظرف آب ریخته شد تا تکه های شیشهٔ آمورف به دست آید. شیشه توسط آسیاب به پودر شیشه (فریت) با میانگین اندازه ذرهٔ حدود ٤–۳ µm تبدیل شد

عملکرد سه نوع آب بند تهیه شده در دستگاه مخصوص تست آب بندی بررسی شد. این دستگاه در اتمسفر هوا و در دمای ۸۰۰ درجه سانتیگراد (دمای کارکرد پیل سوختی اکسید جامد) کار می کند. ریز ساختار میکا و سایر آب بندها در مراحل مختلف توسط میکروسکوپ نوری (OM) و میکروسکوپ الکترونی روبشی (SEM) بررسی شد.

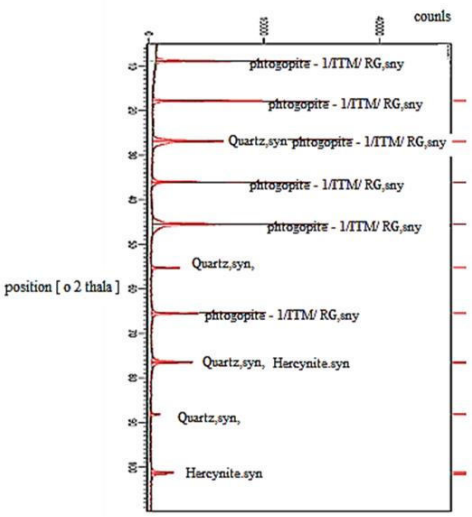
نتیجه گیری

به دلیل مورفولوژی غیرایزوتروپ فلسهای میکا، آنها در جهت صفحات پایه (صفحهٔ کلیواژ) جهت گیری و با همدیگر هم پوشانی کرده‌اند که این مساله در تصاویر تهیه شده توسط میکروسکوپ الکترونی روبشی (SEM) مشاهده می‌شود.



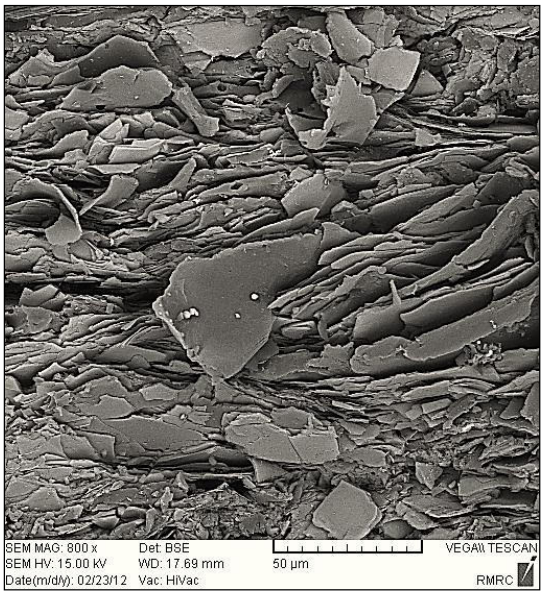
شکل٤- تصویر SEM از مقطع گسکت میکایی

میکای مورد استفاده به کمک آزمون پراش پرتو ایکس (XRD) مورد شناسایی فازی قرار گرفت. همانطور که ملاحظه می‌شود، فاز عمدهٔ موجود فلوگوپیت است.



شکل٥- الگوی پراش پرتو ایکس از میکای مورد استفاده

در نمونه گسکت‌های مورد استفاده قرار گرفته، فضاهای مابین فلس‌های میکایی توسط چسب‌های آلی پر شده اند که انسجام فلس‌های میکا را تامین می کند. پس از حرارت دادن، این مواد آلی سوخته و از گسکت خارج می شوند. به این ترتیب فقط فلس‌های میکا باقی می‌مانند.



شکل٦-تصویر SEM از فلس‌های میکا

به این ترتیب فضاهایی که قبلا (در دمای اتاق) توسط چسب‌ها پر شده بودند، ممکن است به فضاهای نشت (عبور گاز) تبدیل شوند. برای بررسی وزن خروج مواد فرار، از آنالیز ترموگراویمتری TG استفاده شد.

برای رفع این نقیصه، همان‌طور که در فصل قبل تشریح شد، ورق‌های میکایی توسط اسید بوریک (H_3BO_3) پر شدند.

همان‌طورکه در شکل زیر دیده می‌شود، مسیرهای نشت گاز در آب بند میکایی دو مسیر اصلی هستند: الف) مسیرهای موجود مابین فلس‌های میکا که چنان‌که گفته شد در اثر خروج مواد آلی نگهدارنده در بین فلس‌ها در اثر حرارت ایجاد شده و با تلقیح اسید بوریک، تا حدی مسدود می شوند. ویژگی اسید بوریک، آن است که با حرارت دهی به B_2O_3 تبدیل

می شود که طبق انتظار، می‌تواند یک شیشه با دمای ذوب پایین (°C ٤٥٠ ~) تشکیل دهد.

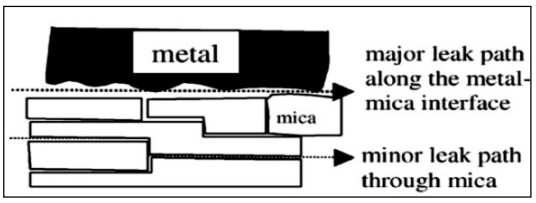
همان‌طور که در شکل دیده می‌شود، اسید بوریک با پرکردن فضاهای خالی میان فلس‌های میکا و تبدیل به شیشه در حوالی دمای °C ٥٠٠-٤٥٠ یکی از مسیرهای اصلی نشت را مسدود می‌کند. همانطور که در شکل نیز دیده می شود، منافذ میان فلس‌های میکا به طرز موثری توسط اسید بوریک پر شده‌اند.

ب) فصل مشترک میان میکا و جزء مجاور آن (که می تواند فلز یا سرامیک باشد). این مسیر به کمک یک لایهٔ کمکی اضافه که مابین ورق میکایی و جزء مجاور آن قرار می‌گیرد می‌تواند به نصف یا یک سوم کاهش یابد.

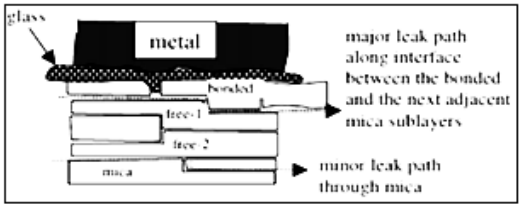
به چنین آب بندی، "آب بند میکایی هیبریدی" گفته می‌شود. در اینجا از یک نوع شیشه سیلیکاتی برای ایجاد این ساختار هیبریدی (قرار گرفتن مابین میکا و فلز همسایهٔ آن) استفاده شد.

شکل۸- میکای تلقیح شده با اسید بوریک

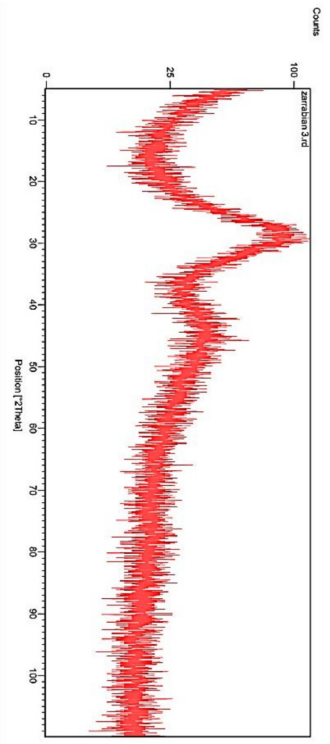
برای مسدود کردن فضای عمدهٔ نشت (بین میکا و فلز، همان‌طور که در شکل قبل نشان داده شده است) از شیشه استفاده شد. پودر شیشه مطابق آنچه در فصل قبل تشریح شد، تهیه و به صورت خمیر یا نوار (از مخلوط سازی پودر شیشه و مواد آلی) استفاده شد. الگوی XRD پودر شیشه آمورف بودن آنرا تایید کرد.



شکل۷- طرحواره آب بند میکایی و مسیرهای احتمالی نشت که باید توسط اسید بوریک در میان فلس‌ها پر شوند

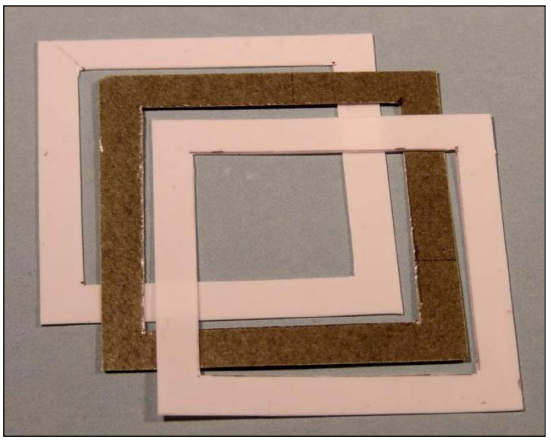


شکل۹- شماتیک آب بند هیبریدی میکا/شیشه و مسیرهای احتمالی نشت



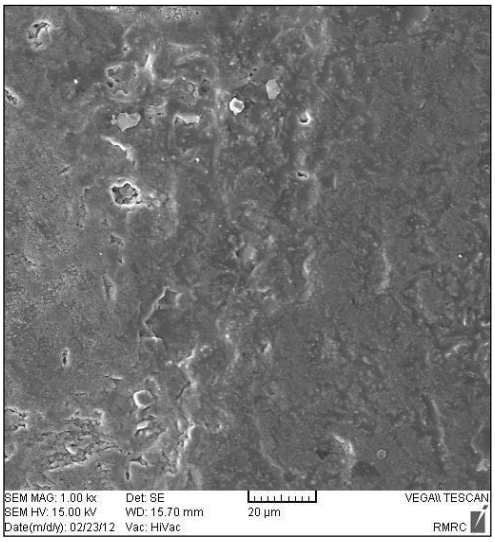
شکل۱۰- الگوی XRD شیشه کوئنچ شده از مذاب ۱۴۰۰ °C

به این منظور یک لایهٔ شیشه خمیر یا نوار از پودر شیشه بر روی فلز وورق میکا بر روی آن قرار گرفت. شکل زیر دو لایه شیشه‌ای که به صورت نوار سفید رنگ تهیه شدند و میکا را، به ترتیب در کنار هم نشان می‌دهد.

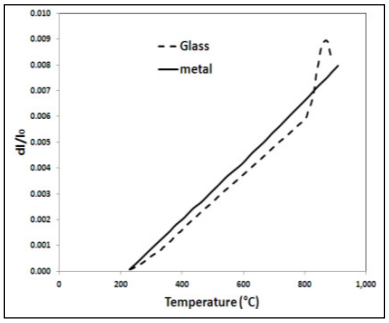


شکل۱۱- گسکت میکایی به همراه دو نوار تهیه شده از شیشه که به عنوان میان لایه، بین گسکت میکا و فلز قرار می گیرند

به این منظور لازم بود آب بند هیبریدی تا دمای °C ۹۰۰ گرمادهی شود تا شیشه زینتر شده و به دو سطح میکا و فلز بچسبد. شکل زیر تصویر شیشه زینتر شده در این دما را نشان می‌دهد.



شکل۱۲- تصویر SEM از سطح شیشه زینتر شده در دمای °C ۹۰۰

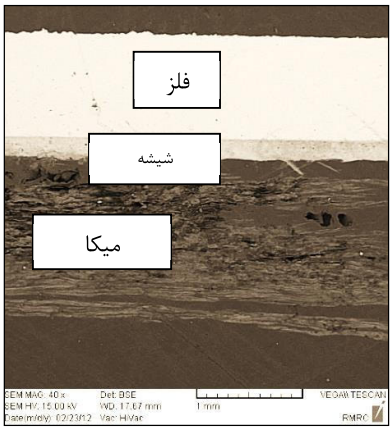


شکل۱۳- ضریب انبساط حرارتی شیشه و فلز که همخوانی قابل قبولی را نشان می دهند

برای اطمینان از دوام اتصال و عدم جدایش شیشه و فلز، لازم است ضریب انبساط حرارتی شیشه و فلز با یکدیگر منطبق باشند. برای اندازه گیری ضریب انبساط حرارتی این دو ماده، دو بلوک کوچک از شیشه (به وسیلهٔ پرس پودر شیشه و زینتر آن در

دمای ۹۰۰ درجه سانتیگراد) و فلز تهیه و به وسیلهٔ دستگاه دیلاتومتری ارزیابی شد. این مقدار برای شیشه عدد $10/4 \times 10^{-6}$ /K و برای فلز (فولاد ضدزنگ فریتی) عدد $12/1 \times 10^{-6}$ /K می باشد که نزدیک به هم و نشان دهندهٔ انطباق بسیار خوبی است.

شکل ١٤ مقطع این ساختار هیبریدی را پس از اتصال نشان می دهد. برای اتصال، به ترتیب فلز، شیشه و میکا بر روی هم قرار داده شده و در دمای ۹۰۰ درجه سانتیگراد حرارت‌دهی شدند. همانطورکه ملاحظه می شود اتصال خوبی میان شیشه و فلز برقرار است.

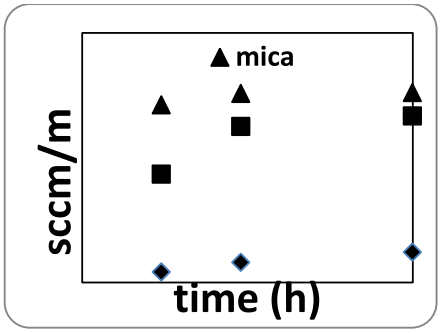


شکل١٤- تصویر SEM از مقطع آب بند هیبریدی ساخته شده شامل یک لایه میکا (پایین) در کنار یک لایه شیشه (وسط) که به فلز (لایه بالایی) چسبیده است

برای ارزیابی عملکرد میکا در جلوگیری از نشت گاز از مجموعه نشان داده شده در شکل ۱۵ استفاده شد. در این مجموعه گاز با فشار معین وارد مجموعه دوتکه می‌شود که فضای میان این دو قسمت مجزا را میکا آب بندی می کند. فشار گاز پشت میکا، توسط کامپیوتر به صورت لحظه ای ثبت می‌شود و با مقایسه با مقدار اولیه، میزان نشت به دست می‌آید. تصویر این دستگاه در شکل زیر آمده است. مجموعه توسط اعمال فشاری که از خارج از کوره اعمال می شود تحت فشار عمودی است.

شکل۱۵- تصویر دستگاه مورد استفاده جهت آزمون آب بندی

شکل ١٦ نتیجهٔ آزمون آب بندی را نشان می‌دهد. این تست برای هرنمونه به مدت ۱۰۰ ساعت انجام شد. مجموع زمان صرف شده برای جمع آوری داده ها ۳۰۰ ساعت آزمون در دمای ۸۰۰ درجه سانتیگراد بوده است. این آزمون در دانشگاه صنعتی دانمارک (DTU) به انجام رسید. همانطور که ملاحظه می‌شود در حضور میکا، میزان نشت sccm/cm ۱ پس از ۱۰۰ ساعت کارکرد در دمای ۸۰۰ درجه سانتیگراد ثبت شد. با استفاده از میکای اشباع شده توسط اسید بوریک عملکرد آب بندی حدود ۲۰٪ بهبود یافت. پس از استفاده از دو لایهٔ شیشه‌ای، به دلیل انسداد مسیرهای اصلی نشت، آب بندی به طرز مشهودی بهبود یافت و پس از ۱۰۰ ساعت میزان نشت کمتر از ۰/۲ sccm/cm اندازه‌گیری شد.



شکل۱۶- نتیجه آزمون آب بندی، بهترین عملکرد در استفاده از میکا به مراه میان لایه‌های شیشه‌ای به دست آمد

نتیجه گیری

در این پژوهش پتانسیل استفاد از میکا به عنوان آب بند در پیل سوختی اکسید جامد جهت جلوگیری از اختلاط گازهای مصرفی مورد بررسی قرار گرفت. دلیل استفاده از میکا آن بود که تغییرشکل‌پذیر است و وقتی تحت اعمال نیرو قرار می‌گیرد دیگر الزام به همخوان بودن ضریب انبساط حرارتی آب‌بند با سایر اجزا از بین می‌رود. به بیان دیگر انبساط اجزای آب-بندی شده را تحمل می‌کند و به این طریق محدودیت کمینه بودن اختلاف ضریب انبساط حرارتی حذف می‌گردد. به علاوه به دلیل عدم ایجاد اتصال، تعویض آب‌بند و یا تعمیر آن به سادگی امکان پذیر است.

از سه نوع آب بند بر پایهٔ میکای فلوگوپیت فلسی استفاده و عملکرد آنها در جلوگیری از نشت گاز در شرایط عملکرد پیل سوختی اکسید جامد در دمای ۸۰۰ درجه سانتیگراد بررسی شد:

الف) گسکت میکا

ب) گسکت میکا اشباع یا تلقیح شده با اسیدبوریک

ج) گسکت میکا به همراه دو میان لایهٔ شیشه‌ای

میکا عملکرد قابل قبولی را به عنوان آب بند از خود نشان داد، به‌طوری‌که می توان آنرا به صورت قابل اطمینان به ویژه برای تستهای کوتاه مدت مود استفاده قرار داد. آب بندی با میکای فلوگوپیت اشباع شده عملکرد جلوگیری از نشت گاز را بهبود بخشید. استفاده از میکا و بین لایهٔ شیشه‌ای به طرز قابل ملاحظه‌ای کیفیت آب بندی را ارتقا داد.

منابع

1- Chou Y.S., Stevenson J.W. (2003) Mid-term stability of novel mica-based compressive seals for solid oxide fuel cells, J. Power Sources, Vol. 115, 274-278pp.

2- Chou Y.S., Stevenson J.W. (2002) Thermal cycling and degradation mechanisms of compressive mica-based seals for solid oxide fuel cells, J. Power Sources, Vol. 115, 274-278pp.

3- Ch. K. Green, (2007) Development of a leakage model for solid oxide fuel cell compressive seals, Ph. D. thesis, Georgia Institute of Technology, USA, 63-68pp.

4- Suda S., (2007) Development of Insulating and Conductive Seals for Controlled Conduction Paths, ECS Transactions, Vol. 7, 2437-2442pp.

5- H. Lee (2007) Novel design of compressed seal gasket with higher thermo-mechanical stability, ECS Transactions, Vol. 7, 2103-2110pp.

6- Jayjohn J., Stevenson P., (2007) Composite seal development and Evaluation , Advances in Solid Oxide Fuel Cells II ,Am. Ceram. Soc., 273-287pp.

7- Bansal N. Gamble E.A., (2006) Boron Nitide Nanotubes-Reinforced Glass Composite, J. Am. Ceram. Society, Vol. 89, 388-390pp.

8- M. Rautanen M., Himanen O., Saarinen V, Kiviaho J., (2009) Compression properties and leakage tests of mica-based seals for SOFC stacks, Fuel Cells, Vol. 9, 753-759pp.

9- Chou Y.S., Stevenson J.W. (2009) Long-term ageing and materials degradation of hybrid mica compressive seals for solid oxide fuel cells, J. Power Sources, Vol. 191, 384-389pp.

10- Ley K.L., Krumpelt M., Kumar R., Meiser J.H., Bloom I., (1996) Glass-ceramic sealants for solid oxide fuel cells: part I. Physical properties. J Mater Res Vol. 11- 1489-1493pp.

11- Loehman R.E., Dumm H.P., Hofer H. (2002) Evaluation of sealing glasses for solid oxide fuel cell. Ceram Eng Sci Proc, Vol. 23, 699-675pp.

12- Sohn S.B., Choi S.Y., (2004) Suitable glass-ceramic sealant for planar solid-oxide fuel cells. J Am Ceram Soc Vol. 87-254-260pp.