

بررسی امکانسجی استفاده از پتانسیل گاز طبیعی ذخیره شده در معادن زغالسنگ

(مطالعه موردی معدن زغالسنگ هشونی کرمان)

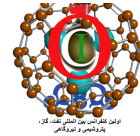
مسعود برازنده، دانشجوی کارشناسی ارشد استخراج معدن دانشگاه ارومیه، جعفر عبدالهی شریف، عضو هیئت علمی دانشکده فنی و مهندسی دانشگاه ارومیه، گروه معدن.

چکیده

در معادن زغالسنگ بسته به میزان گاز خیزی آنها در خلال استخراج کانسنگ معدنی مقادیر قابل توجهی گاز متان تولید می شود. تمرکز این گاز در اتمسفر معدنی مشکلات استخراجی متنوعی را برای بهره برداران معدن ایجاد می کند. برای بهسازی فضای معدنی و ایمن سازی آن از فرایند تهویه در این معادن استفاده می شود، که در خلال آن بخش قابل توجهی از این گاز هدر رفته و وارد اتمسفر می گردد. در پژوهش حاضر با نگرش ویژه ای به حل مسئله تهویه معادن نگریسته و رهیافتی مبتنی بر بازیابی هر چه بیشتر گاز متان تولیدی در خلال استخراج مورد توجه قرار گرفته است. در این رهیافت علاوه بر ذخیره سازی گاز طبیعی موجود در زغالسنگ، امکان دستیابی و استفاده از آن به عنوان یک منبع جدید سوخت در این معادن مورد توجه قرار گرفته و فرآیند تهویه معدن نیز بهبود یافته است. این پژوهش به صورت موردی در معدن زغالسنگ هشونی حوضه کرمان صورت پذیرفته است. یافته های آزمایشگاهی در خلال این پژوهش ثابت نمود که در روش اخیر می توان حدود هشتاد درصد گاز طبیعی منتشر شده در هنگام استخراج زغالسنگ را ذخیره نمود و از این منظر ضمن اصلاح وضعیت زیست محیطی گستره معدن، حدود چهار میلیون متر مکعب گاز استحصال و حدود 10 میلیارد ریال صرفه جویی اقتصادی در هزینه های عملیاتی و سرمایه ای معدن بعمل آورد.

واژه های کلیدی: معدن زغالسنگ هشونی - گاز متان - تهویه معدن - استحصال گاز

- 1- ارومیه، کیلومتر 11 جاده سرو، دانشکده فنی و مهندسی دانشگاه ارومیه، گروه معدن، maseod_barazandeh@yahoo.com.
2- ارومیه، کیلومتر 11 جاده سرو، دانشکده فنی و مهندسی دانشگاه ارومیه، گروه معدن، j.a.sharif@urmia.ac.ir.



1- مقدمه

امروزه یکی از مهمترین مسائل مطرح در دنیا، بحث انرژی است. در حال حاضر گازهای هیدراته طبیعی بخش عظیمی از انرژی مصرفی بسیاری از کشورها را تامین می کند. بنابراین اکتشاف ذخایر گاز طبیعی از مهمترین وظایف مهندسان معدن و زمین شناسان، بخصوص در کشورهای در حال توسعه می باشد.

یکی از پتانسیل های ذخیره گاز طبیعی، گاز محبوس شده در ذخایر زغالسنگ است، که هنگام استخراج زغالسنگ وارد کارگاه استخراج معدن می شود. اصطلاحاً "به این گاز، گاز زغال می گویند. آنالیز این گاز در معادن زغالسنگ دنیا ثابت نموده که ترکیب گاز زغال همانند گاز طبیعی می باشد. یعنی بیش از نود درصد آن را گاز متان تشکیل می دهد و سایر اجزای آن از گاز هایی مثل پروپان، بوتان، هیدروژن و سولفورها می باشد [1].

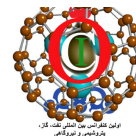
چنانکه مشهود است گاز طبیعی پتانسیل بالایی برای انفجار دارد، بطوری که حتی در عیارهای پایین به صورت مخلوط در هوا (چهار درصد) هم قابلیت انفجار دارد [1]. بنابراین وجود این گاز در کارگاه های استخراج، محیط معدن را ناامن می کند و معدنکاران با صرف هزینه های هنگفتی با اجرای تهویه و گردش هوا در شبکه معدن، گاز زغال را از کارگاه استخراج خارج کرده و بدون هیچ استفاده ای وارد اتمسفر می کنند. در حالی که با جداسازی گاز طبیعی از اتمسفر معدن دیگر نیاز به اجرای تهویه با هزینه زیاد نیست. در نوشتار حاضر کاربرد رهیافت جدیدی برای جداسازی و استحصال این گاز در معدن هشونی منطقه زغال خیز کرمان مورد توجه قرار گرفته است. برای اجرای این رهیافت در گام نخست میزان گاز تولیدی در این معدن برآورد و ارزش اقتصادی آن از نظر تامین انرژی محاسبه شده است. در آخرین مرحله راهکارهایی برای استحصال گاز متان ارابه و ارزش اقتصادی این راهکارها در مقایسه با شیوه فعلی تهویه مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفته است.

2- معرفی معدن زغالسنگ هشونی

ناحیه کرمان از قطب های مهم معدنی کشور محسوب می شود. از مشخصات این محدوده نواحی زغال خیز آن است، که به صورت ناودیس های بزرگ و کوچک می باشند. ناحیه زغال خیز کرمان خود از چهار حوضه زغالی مجزا تشکیل شده که تحت عنوان حوضه های کرمان، هشونی، همکار و بادامو نامگذاری شده اند. معدن هشونی نیز در یک ناودیس بزرگ قرار گرفته و ذخایر قابل توجهی از زغالسنگ را در خود جای داده است.

3- برآورد گاز زغال منتشر شده در اتمسفر معدن هشونی

گاز زغال به صورت جذب سطحی در ذخایر زغالسنگ ذخیره شده است و هنگام استخراج زغالسنگ این گاز آزاد شده و وارد فضای کارگاه استخراج معدن می شود و در نهایت توسط جریان تهویه معدن، وارد اتمسفر می شود. ذخایر مختلف زغالسنگ با توجه به درجه زغالی شدن، عمق قرارگیری ذخیره، سن ذخیره زغالسنگ و بسیاری عوامل دیگر دارای خاصیت گازخیزی متفاوتی می باشند. معدنکاران معادن زغالسنگ را از نظر میزان گازخیزی به چهار دسته تقسیم می کنند، که به شرح جدول شماره یک است [1]. طبقه هر معدن زغالسنگ از نظر گازخیزی در مرحله اکتشاف ذخیره طی آزمایشاتی بررسی و تعیین می شود.



جدول شماره 1 - طبقه بندی معادن زغالسنگ براساس گاز زغال منتشر شده حین استخراج زغالسنگ

میزان گاز خیزی زغالسنگ	دسته بندی زغالسنگ
پنج متر مکعب به ازای هر تن زغالسنگ	طبقه اول
ده متر مکعب به ازای هر تن زغالسنگ	طبقه دوم
پانزده متر مکعب به ازای هر تن زغالسنگ	طبقه سوم
بیش از پانزده متر مکعب به ازای هر تن زغالسنگ	طبقه چهارم

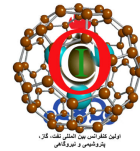
معادن زغالسنگ هشونی کرمان از سه لایه زغالسنگ که نسبت به هم موازیند، تشکیل شده است. این سه لایه تحت یک معدن و در کارگاه های مجزا استخراج می شود. تولید روزانه معدن از هر سه لایه در حدود 1500 تن است. برای تعیین میزان گاز خیزی این معدن نمونه های متعددی از آن طبق دستور العمل های موجود تهیه و گاز خیزی معدن در این نمونه ها مورد بررسی قرار گرفته است. این آزمایشها که اهداف متعددی دارند برای تعیین درجه کک شوندگی لایه زغالی، تعیین مواد فرار و تعیین میزان گاز خیزی انجام می شوند. در خلال تحقیقات آزمایشگاهی و بر اساس نمونه برداری های انجام شده در نهایت میزان گاز متساعد شده از این لایه ها بطور متوسط حدود 10 متر مکعب به ازای هر تن زغالسنگ تعیین گردید. شایان ذکر است بر اساس نتایج حاصل اختلاف کمی بین میزان گاز خیزی لایه های مختلف و جود داشت که تاثیری در نتایج حاصل نداشته و با اضمینان مقدار 10 متر مکعب برای تمامی لایه ها مبنای محاسبات قرار گرفت. با توجه به نتایج حاصل معدن هشونی از نظر گاز خیزی در طبقه دوم قرار دارد.

4- برآورد میزان گاز تولیدی در معدن

براساس نتایج حاصل از بررسیهای آزمایشگاهی و با توجه به کاتاکوری گاز خیزی معدن میزان گاز قابل استحصال روزانه از این معدن حدود 15000 متر مکعب در روز بر آورد می گردد. شایان ذکر است که این مقدار گاز با توجه به توان استخراجی لایه ها و در صورت اجرای عملیات آماده سازی میتواند به حدود دو برابر این مقدار نیز افزایش یابد. نکته قابل توجه در این خصوص تولید این مقدار گاز در طول حدود 12 ساعت از شیفت کاری است. بدین ترتیب در هر دقیقه میتوان حدود 21 متر مکعب گاز از زغال استخراجی بدست آورد. این مقدار گاز با توجه به تعرفه های مصرف گاز خانگی برای پله یک مصرف قادر خواهد بود نیاز ماهیانه 10000 واحد مسکونی در فصول گرم و یا 1500 واحد خانگی در فصول سرد را تامین نماید، که این مقادیر تقریباً برای تامین نیاز یک منطقه مسکونی کوچک کافی خواهد بود.

5- رهیافت نوین برای استحصال گاز طبیعی از معادن زغالسنگ

همانطور که ذکر شد، گاز زغال حین استخراج زغالسنگ وارد کارگاه استخراج شده و باعث ناامن شدن فضای کارگاه استخراج می شود. برای ایمن سازی فضای کارگاه با ایجاد جریان هوا، هوای تازه به کارگاه رسانده می شود، که باعث رقیق شدن گاز زغال در فضای کارگاه می شود. طبق استاندارد معادن آمریکا عیار گاز زغال در کارگاه استخراج نباید از یک درصد تجاوز کند [1]. بنابراین برای استفاده از این پتانسیل می بایست گاز زغال با عیار زیر یک درصد از سایر اجزای هوای کارگاه استخراج جداسازی شود. ایده ای که برای فرآیند جداسازی در این پژوهش مد نظر قرار گرفته است، استفاده از جداکننده های غشایی است.



غشا لایه نازکی است که اجزای یک سیال را به طور انتخابی از هم جدا می کند. جداسازی در غشا ها در یک فاز صورت می گیرد. در واقع غشا یک نوع فیلتر است که با توجه به اندازه حفرات خود اجزای سیال با اندازه های متفاوت را جدا می کند [2]. مدول غشا محفظه ای است که وظیفه جا دادن و کنترل عبور سیال را بر عهده دارد. غشا ها برحسب نوع مدول

به شکل های مختلف لوله ای، الیاف میان تهی و صفحه ای تولید می شوند. مهمترین ویژگی که مدول باید داشته باشد این است که مقدار زیادی غشا در خود جای دهد؛ از طرفی مقاومت مناسب داشته باشد و به آسانی قابل تعمیر و نگهداری باشد [3]. بعد از انجام تحقیقات برای جداسازی گاز زغال از هوای معدن با توجه به درصد پایین این گاز در فضای کارگاه، غشای دی دی آر (DDR) که یک غشای ژئولیتی می باشد، انتخاب شد [4]. در یک مدل آزمایشگاهی از یک مدول غشای لوله ای به قطر دو سانتی متر و طول بیست سانتی متر استفاده شد و یک متر مکعب هوا (در حدود یک هزارم حجم سه کارگاه استخراج معدن هشونی) با عیار یک درصد گاز متان، وارد مدول غشا شد. مشاهده گردید که در مدت دو دقیقه در حدود نود درصد گاز متان با این غشا جداسازی گردید.

با توجه به تشابه های هندسی و هیدرولیکی و دینامیکی بنظر میرسد برای تهویه کارگاه استخراج در مقیاس واقعی نیاز به مدولی به قطر بیست سانتی متر و طول یک متر است. پیش بینی می شود این مدول نیز قادر خواهد بود پس از گذشت دو دقیقه حجم قابل توجهی از متان را جداسازی و بازیابی نماید. در حال حاضر تلاش برای فراهم نمودن مقدمات انجام این آزمایش در مقیاس نیمه صنعتی و صنعتی ادامه دارد.

لازم به ذکر است که تولید 1500 تن زغالسنگ در معدن هشونی در طی دو شیفت کاری هشت ساعته انجام می شود. بنابراین تولید ساعتی معدن در حدود 94 تن و تولید در هر دقیقه در حدود 1/6 تن زغالسنگ است. بنابراین در مدت زمان دو دقیقه که در طی آزمایش بدست آمد، 3/2 متر مکعب گاز زغال آزاد می شود و عیار گاز در سه کارگاه استخراج بعد از دو دقیقه (حجم کل کارگاه ها در حدود 1000 متر مکعب می باشد) به 0/32 درصد می رسد. بنابراین تحت این شرایط، کارگاه با چنین مدولی دائما در شرایط ایمن قرار دارد و با در نظر گرفتن نشت های احتمالی در کارگاه استخراج می توان تا هشتاد درصد گاز زغال منتشر شده (در حدود 12000 متر مکعب در روز) را بازیابی کرد.

6- مزیت های فنی و اقتصادی استفاده از رهیافت جدید

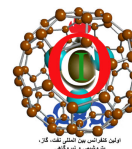
در شیوه سنتی تهویه بجای استحصال گاز متان این گاز با به جریان انداختن هوا به اتمسفر بیرون معدن انتقال یافته و بدون استفاده هدر می رود. برای تهویه معدن تجهیزات مهندسی بشرح جدول شماره دو مورد نیاز است. این تجهیزات که عموماً از خارج وارد می گردند معمولاً برای تامین ایمنی معدنکاران بصورت دو تایی مورد استفاده قرار گرفته و هزینه های سرمایه ای هنگفتی را متوجه معدن می کند.

جدول شماره 2- تجهیزات تهویه مورد نیاز در معادن زغالسنگ

ردیف	شرح
1	فن تهویه
2	درب های تنظیم کننده هوا
3	شیپور برای کنترل و افزایش کارایی فن های تهویه
4	فن های فرعی برای تهویه مناطق کور

اولین کنفرانس بین المللی نفت، گاز، پتروشیمی و نیروگاهی

مرکز همایش های بین المللی هتل المپیک تهران



5	تاسیسات تامین انرژی فن
6	تونل ابتدایی برای انتقال هوا با کمترین افت فشار به شبکه معدنی
7	تجهیزات مکانیکی برای باز و بسته کردن درب های تهویه
8	سامانه های مونیترینگ و کنترل کیفیت هوا

با توجه به گستردگی شبکه معدن هشونی هزینه های سرمایه ای ایجاد شبکه تهویه این معدن شرح جدول شماره سه برآورد میشود. شایان ذکر است این برآورد ها شدیداً متأثر از نرخ تبدیل ارز بوده و با نرخ ارز دولتی برآورد شده است و هر گونه تغییر در شرایط اقتصادی کشور میتواند این مقادیر را به شدت تحت تاثیر قرار دهد.

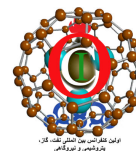
جدول شماره 3- بر آورد هزینه های سرمایه ای تهویه معدن هشونی (ارقام بر حسب میلیون ریال)

شرح	تعداد	هزینه واحد	هزینه کل
فن تهویه	2	800	1600
درب های تنظیم کننده هوا	15	20	300
شیپور برای کنترل و افزایش کارایی فن های تهویه	2	500	1000
فن های فرعی برای تهویه مناطق کور	5	15	75
تاسیسات تامین انرژی فن	2	100	200
تونل ابتدایی برای انتقال هوا با کمترین افت فشار به شبکه معدنی	1	5000	5000
تجهیزات مکانیکی برای باز و بسته کردن در های تهویه	15	10	150
سامانه های مونیترینگ و کنترل کیفیت هوا	1	200	200
جمع هزینه های سرمایه ای			8525

با توجه به قوانین مالیاتی کشور عمر مفید تجهیزات تهویه 5 سال بوده و بصورت مستقیم مستهلک می شوند. بر این اساس هزینه های سرمایه ای سالیانه تهویه معدن 1705 میلیون ریال خواهد بود. چنانکه به این مقادیر هزینه های بهره برداری و عملیاتی نظیر نیروی انسانی و انرژی نیز افزوده شود، تهویه معدن با شیوه سنتی سالیانه 1825 میلیون ریال هزینه متوجه معدن می کند. چنانکه به این ارقام در آمد ناشی از فروش گاز استحصال شده نیز افزوده گردد این عدد به رقم قابل توجه 10000 میلیون ریال بالغ می گردد. این در حالی است که بر اساس برآورد های مقدماتی انجام شده تهویه و استحصال گاز متان تولیدی در معدن زغالسنگ هشونی با شیوه نوین بسیار پایین تر از روش سنتی خواهد بود.

7- نتیجه گیری

- 1- این پژوهش ثابت می کند معدن زغالسنگ هشونی کرمان با تولید 1500 تن زغالسنگ در روز در برآورد های اولیه پتانسیل تولید 12000 متر مکعب گاز طبیعی به صورت روزانه را دارد. بنابراین معادن زغالسنگ ایران، طبق آمار با تولید چهار میلیون تن زغالسنگ به صورت سالیانه، جزو پتانسیل های با ارزش تولید گاز طبیعی به حساب می آید.
- 2- حضور گاز زغال در کارگاه استخراج معدن، یک محیط ناامن در کارگاه استخراج ایجاد می کند و با اجرای تهویه و صرف هزینه های هنگفت این گاز با ارزش بدون هیچ استفاده ای وارد اتمسفر می شود.



- 3- با استفاده از جداکننده های غشایی نوع زئولیتی می توان با صرف هزینه ای به مراتب کمتر از اجرای تهویه در معادن، گاز زغال را جداسازی کرد و مورد استفاده قرار داد.
- 4- استفاده از روش جداکننده ها در معدن زغالسنگ نه تنها قادر به جداسازی مقادیر قابل توجهی گاز طبیعی است، همچنین می تواند تهویه معدن را به صورت مطلوب و کاملاً ایمن اجرا کند. در واقع در این روش می توان با صرف هزینه ای کمتر و صرفه جویی میلیارد ها ریال در هزینه های سرمایه ای و عملیاتی معدن، منبع انرژی قابل توجهی نیز در معدن ایجاد کرد.

مراجع

- [1] مدنی، حسن، (1385)، "تهویه در معادن"، چاپ پنجم، مرکز نشر دانشگاهی تهران.
- [2] مدائنی، سید سیاوش، (1381)، "غشا و فرآیند های غشایی" ، چاپ اول، انتشارات دانشگاه رازی کرمانشاه.
- [3] K. Scott, (1998), "*Handbook of Industrial Membranes*", Second Ed, Elsevier.
- [4] E. García-Pérez, J. B. Parra, C. O. Ania, A. García-Sánchez, J. M. van Baten, R. Krishna, D. Dubbeldam, S. Calero, (2007), "*A computational study of CO₂, N₂, and CH₄ adsorption in zeolites*", Adsorption, pp 469-476.