



ЗРГИМ

XV^{TO} СТРУЧНО СОВЕТУВАЊЕ НА ТЕМА:
Технологија на подземна и површинска експлоатација на
минерални сировини

ПОДЕКС – ПОВЕКС '24

Струга
18 – 20. 10. 2024 год.

КОНВЕРЗИЈА НА ЈАГЛЕН ВО ГАСОВИТИ ГОРИВА СО ТЕХНОЛОГИЈА НА ПОДЗЕМНА ГАСИФИКАЦИЈА

Радмила Каранакова Стефановска¹, Зоран Панов¹, Ристо Поповски¹,
*¹Универзитет “Гоце Делчев”, Факултет за природни и технички науки,
Штип, Северна Македонија*

Апстракт: Во овој труд е презентирана технологијата на подземна гасификација на јаглен која го претвора јагленот во гасовита форма. Таа има потенцијал да обезбеди чист и конвенционален извор на енергија од јагленови слоеви каде класичните рударски методи се невозможни или неекономични.

Производството на гас, оди со отстранување на штетните гасови CO, CO₂, H₂S, SO₂ и цврстите честички од чад, пред да дојде до крајните корисници, со што се овозможува извор на чиста енергија со минимални емисии на гасови кои предизвикуваат ефект на стаклена градина. Резултатите од истражувањата во светот укажуваат на фактот дека реално може да се добие гас со 100 % отстранување на CO₂.

Клучни зборови: подземна гасификација, јаглен, дупчотини, SYNGAS.

CONVERSION OF COAL INTO GASEOUS FUELS WITH UNDERGROUND GASIFICATION TECHNOLOGY

Radmila Karanakova Stefanovska¹, Zoran Panov¹, Risto Popovski¹

¹Goce Delcev University, Faculty for Natural and Technocal Science, Stip, North Macedonia

Abstract: In this paper, is presented the technology of underground gasification of coal which converts coal into gaseous form. It has the potential to provide a clean and conventional source of energy from coal seams where classical mining methods are impossible or uneconomical.

The production of gas proceeds by removing the harmful gases CO, CO₂, H₂S, SO₂ and solid particles from the smoke, before reaching the end users, which enables a source of clean energy with minimal emissions of gases that cause the greenhouse effect. The results of researches in the world point to the fact that it is actually possible to obtain gas with 100% CO₂ removal.

Key Words: underground gasification, coal, drillhole, SYNGAS

1. ВОВЕД

Растечките потреби за енергија, како во квантитативна така и во квалитативна смисла ја наметнуваат потребата од користење на природната енергетска сировинска база на техно – економски и еколошки оптимален начин. Ова е особено актуелно кај нас, бидејќи нема доволни и по структура поволни резерви на енергетски сировини.

Главното богатство на Македонија е јагленот од типот на лигнит.

Оттука, се наметнува задачата за развој на технологии за претворање на јагленот во гасовита форма, неговото значително почисто и поефикасно согорување, со најревносна примена на резултатите од истражувањето и развојот во пракса. Самата техника на гасификација на јагленот на лице место е изработка на две вертикално издупчени дупчотини, една дупчотина за вбригување, а другата за производство. Процесот се состои од четири чекори: дупчење, поврзување на дупчотините, палење и гасификација на јагленот. За време на процесот на ПГЈ, низ дупчотината за вбригување се инјектираат агенси како што се воздух, кислород збогатен со воздух или кислород со пареа. При тоа се создава реакција помеѓу јагленот и инјектираниот гас која создава мешавина на гасови позната како SYNGAS, што може да се искористи како гориво или како хемиска суровина. Синтетскиот гас се произведува така што водена пареа преминува над вжарен јаглен или кокс. Воглавно е составен од јаглерод моноксид (CO) и водород (H₂), и со мали количини на CO₂, N₂, CH₄, и O₂ со значително намалени трошоци во споредба со експлоатација на јагленот и транспорт до електраната; и потенцијално за намалување на емисиите на CH₄ кој е моќен стакленички гас.

Оваа технологија има потенцијал за намалување на емисиите на стакленички гасови во процесот на збогатување на депозитите на јаглен. Придобивките за животната средина од ПГЈ која придонесува кон намалување на емисиите на стакленички гасови вклучуваат елиминирање на конвенционалното рударството, перење на јагленот, складирање и транспорт на јагленот.

Технологијата на подземна гасификација на јаглен овозможува и дава шанси за одредена доза на енергетски оптимизам, но само на оние кои му обрнуваат внимание и вложуваат во неговото освојување и развој. Во нашата земја оваа технологија е повремено актуелизирана во вид на разни студии, односно елаборати, меѓутоа секој придонес и активирање во освојувањето на ПГЈ технологијата е добредојден доколку размислуваме за подобра енергетска иднина во државата.

2. ПРИКАЗ НА ТЕХНОЛОГИЈАТА НА ПОДЗЕМНА ГАСИФИКАЦИЈА НА ЈАГЛЕН

Подземната гасификација на јагленот како автотермички процес го опфаќа процесот на пиролиза и самата гасификација. Овие процеси настануваат како резултат на влијанието на високата температура и контролата на согорувањето на јагленот при вбригување на средството за гасификација, кое најчесто е воздух, водена пареа со воздух во одреден сооднос и воздух или водена пареа збогатена со кислород, или само кислород. Денес, главно егзистираат два познати метода на Подземна гасификација на јаглен.

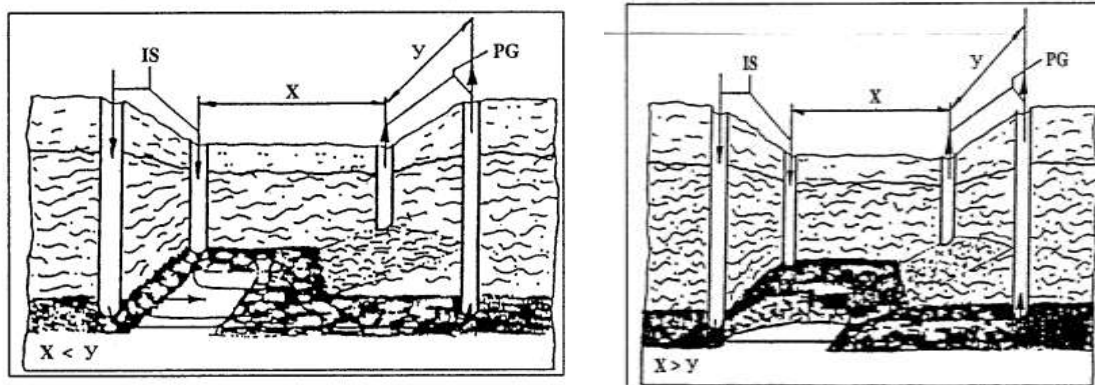
- *Метода без подземни простории, која се заснова на дупчење дупчотини од површината низ слоевите и спроведување гасификација со внесување на средство за гасификација низ дупчотината, т.е. канал, и со одведување на производите од гасификација низ производната дупчотина.*

- *Методот од подземни простории во кои слојот, кој останува по изградбата на сигурносните столбови, се гасифицира со помош на изградените простории.*

Првата група методи е претежно актуелна за користење на вонбилансни резерви на јаглен, а другиот за гасификација на заостанатите сигурносни столбови по завршување на подземната експлоатација. Обично се

применуваат методи на: филтрациона (слика 1), канална (слика 2) и проточна метода (слика 3).

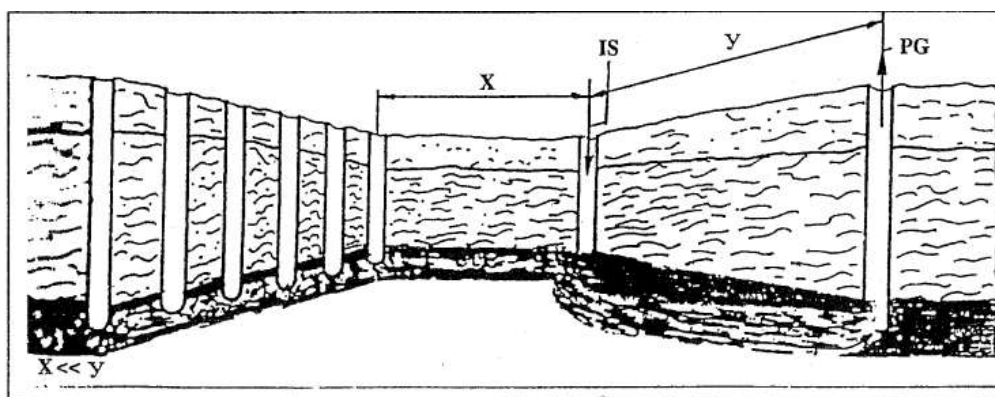
Воглавно е распорстранета филтрационата метода, после претходно запалување во реакционата зона. Додека во американските екперименти се применува каналната метода, со тоа што каналите се палат со филтрационата метода.



IS – инјекционо средство
 PG – произведен гас
 x – растојание на дупчотините помеѓу редовите
 y – растојание помеѓу дупчотините во ред

Слика 2. Канална метода на подземна гасификација на јаглен

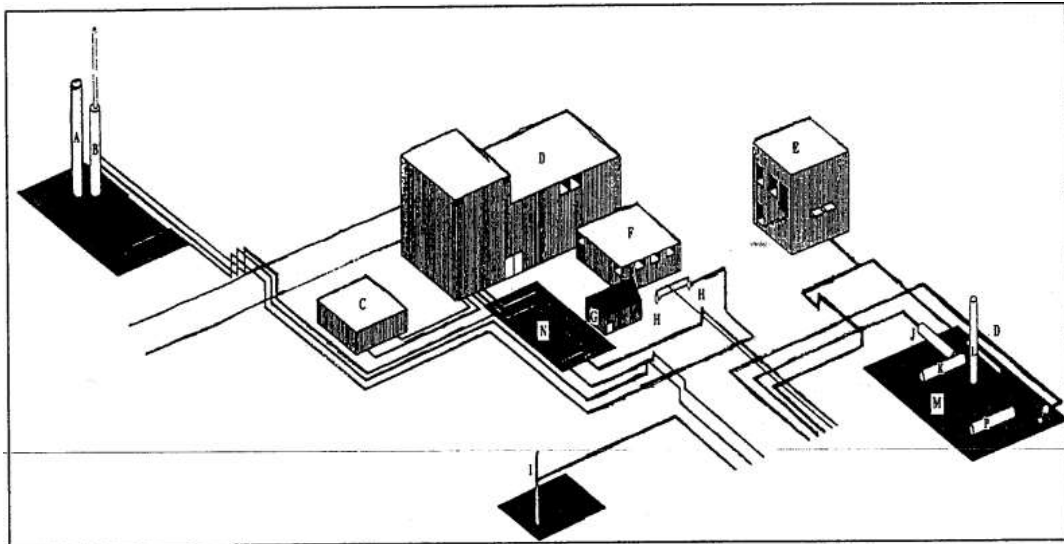
Слика 1. Филтрациона метода на подземна гасификација на јаглен



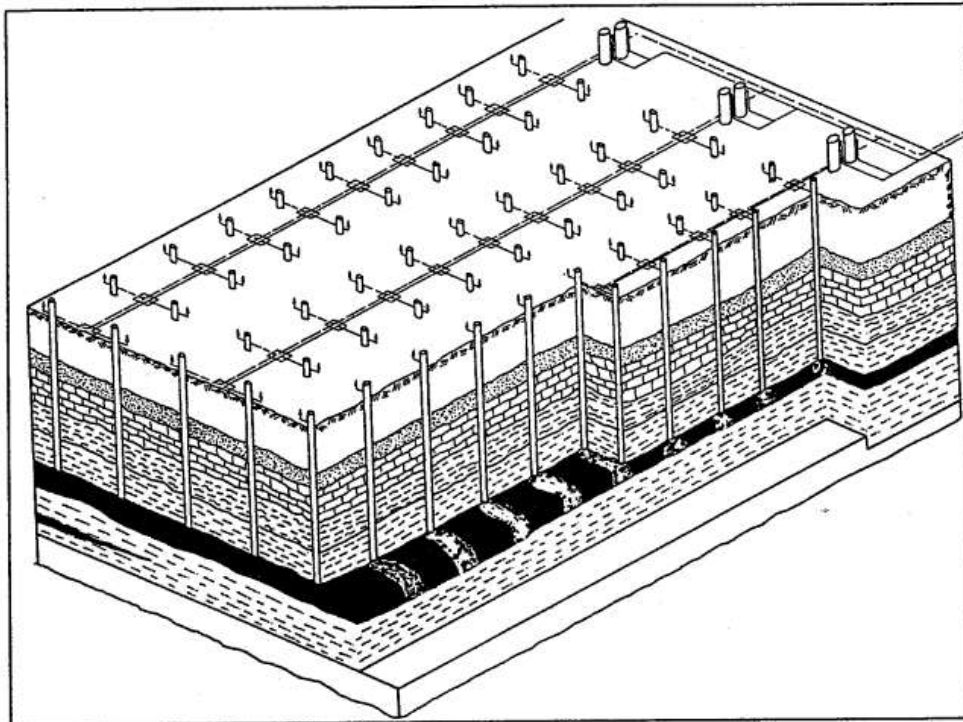
Слика 3. Проточна метода на подземна гасификација на јаглен

Главниот распоред на тест комплексот за гасификација е даден на слика 4 (А – парен котел, В – горилник, С-компресорска единица за ладење, D – главна зграда на контролните капацитети, службени простории и оддел за деминерализација на вода, Е – оддел за компресор за висок притисок, F - одделение за администрација, G – оддел за анализа на состојбата на гас, Н – циклони, I-локално осветлување, J,K,M – единици за производство на кислород, N – разменувачи на топлина, O, L – единици за производство на азот и P – единица за производство на CO₂).

Шематски приказ на полето за гасификација е даден на слика 5.

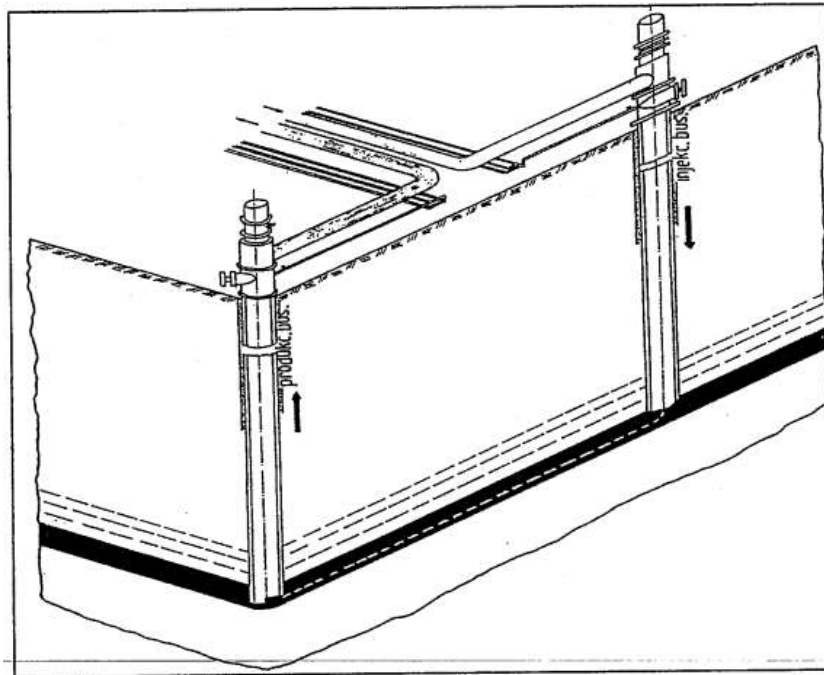


Слика 4. Изглед на комплексот за гасификациона проба

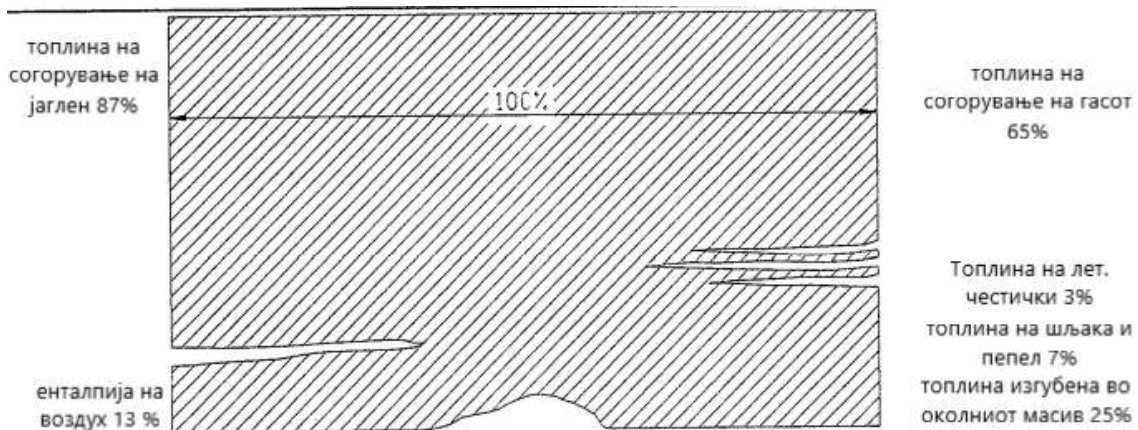


Слика 5. Шематски приказ на гасификационото поле

Приказот за дупчотините и процесот на тоplotен биланс на подземната гасификација на јаглен се прикажани на сликите 6 и 7.



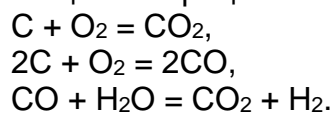
Слика 6. Приказ на дупчотините



Слика 7. Топлотен биланс

Процесот на подземна гасификација вклучува подготовка на јагленовиот слој за гасификација со што ќе се развие масивен фронт за гасификација и добивање на гас со температура од 150 - 300°C произведен во подземниот генератор на гас со што се носи преку систем од затворени гасни дупчотини и надземен цевковод до станицата за ладење и чистење. Погоните за ладење се опремени со независен систем за проток на вода вклучувајќи пумпи за топла и ладна вода, таложници и кули за ладење. Отпадната вода од погоните за чистење се прочистува во погон за дефенолизација и потоа се испуштаат во систем за отпадни води. Изладениот и прочистен гас се испраќа до потрошувачите преку гасовод. Во повеќето случаи, гасот се транспортира до потрошувачите благодарение на високиот притисок што се јавува на излезот од гасните дупчотини, меѓутоа, гасот може да се транспортира и со компресори.

Основните реакции на процесот на гасификација се:



Главните производи кои се добиваат со реакција на кислородот во контакт со јаглен се јаглерод диоксид и јаглерод моноксид, а во подоцнежните реакции, водород и метан. Добиениот гас содржи и други запаливи гасови: незаситени јаглеводороди, водород сулфид и азот.

Составот на гасот во подземната гасификација во волуменски проценти ги има следните вредности:

CO_2 : 20 – 22 % CO : 4 – 10 % O_2 : 0.2 – 0.6 % H_2 : 15-20%
 CH_4 : 1.5 – 3.0 % C_mH_n : 0.2 – 0.3 % N_2 : 45 – 58 %

Составот на гасот и топлинската моќ зависат од геолошките карактеристики на јагленот (старост и квалитет), средствата за гасификација што се користат во подземната гасификација и начините за прочистување на гасот.

Теоретски, топлинската моќ на гасот добиен при гасификација на јаглерод не може да биде поголема од 4400 kJ/m^3_n . При инјектирање на воздух и одредена количина на водена пара, топлинската моќ на гасот при подземна гасификација може да достигне 5000 kJ/m^3_n . Кога се инјектира воздух збогатен со кислород топлинската моќност на гасот достигнува 7300 kJ/m^3_n .

Добивањето на гас од 1 kg јаглен (во зависност од неговата топлинска моќ) се движи од 1,5 до $5,5 \text{ m}^3_n$. Хемискиот коефициент на искористување на гасот од јаглен со подземна гасификација е 70 - 85%. Искористеноста на јагленот од слојот при примена на подземна гасификација се движи од 85 - 95%. Температурата на гасот се движи помеѓу 150 - 300°C . Притисокот на гасот е 200 mm VS.

Гасот од подземната гасификација може да се запали во ложиштето на секој котел (палење, одржување на континуирано палење на факелот за јагленова прашина и како главно гориво).

Кај постоечките термоелектрани за цврсти горива, воведувањето на гас од подземна гасификација како основно гориво, бара поставување на дистрибуција на гас во котларата, поставување на гасни горилници, реконструкција на парни грејачи (површината на парните грејачи е намалена) реконструкција на задниот дел на котелот (површината се зголемува) и замена на вентилаторите за димни гасови.

Се зголемува предноста од користењето гас како алтернативно гориво во електраните на јаглен со коефициент на корисно дејство на котелот за 3% и значително намалување на загадувањето на воздухот и животната средина.

Гасот од подземната гасификација може целосно да се користи како греен флуид во системот за изменување на топлината во топланите.

Гасот од подземната гасификација може да се користи и во сушарите во погоните за производство на градежни материјали (тули, ќерамиди) како и во сушари кои се наоѓаат во близина на производството на тој гас, имајќи предвид дека глините и песокот се чести придружници на јагленовите слоеви.

Составот на гасот, неговите карактеристики и добивката зависат од видот на јагленот, составот на смесата за дување и условите на јаглениот слој.

3. ДИСКУСИЈА

За да започне еден нов процес како што е технологијата на подземна гасификација на јаглен потребни ни се податоците кои се неопходни за проценка на подобноста на наоѓалиштата на јаглен за таа технологија а тоа се:

- елаборат за истражување на наоѓалиштата со резерви, длабочина на залегнување и моќност на јагленовиот слој, структура на јагленовите слоеви (број на слоеви, нивниот литолошки состав, дебелина, итн.),
- технички карактеристики и елементарен состав на јагленот, вклучувајќи и влага во наоѓалиштето, коефициенти на филтрација или спроводливост на јагленовиот слој и јаловите прослоеве,
- литолошки состав на кровината и подината на јагленовиот слој (дебелина, структура, залегнување),
- физички и механички својства на околните карпи и јагленот,
- тектоника на наоѓалиштата (присуство на пукнатини, паден агол на слојот, хипсометриски карактеристики на наоѓалиштата, кровината и подината),
- хидрогеолошки карактеристики на наоѓалиштата (притисок на подземните води, капацитетот на водоносни хоризонти, дотек на вода од непропустливи слоеви и меѓусебната поврзаност на водоносни слоеви со површински водотеци),
- топографски карактеристики на подрачјето над наоѓалиштето со наведување на физичко-геолошките процеси (одрони, терен што тоне, езера итн.)
- потребни графички материјали (геолошки пресеци на наоѓалишта, структурни пресеци на јагленовиот слој).

За успешна примена на подземната гасификација на јаглен, наоѓалиштето треба да ги исполнува следните услови:

- присуство на доволни резерви на јаглен за изградба на потребниот капацитет за 30 годишна експлоатација,
- гасот да не продира неконтролирано до површината на теренот,
- да нема слегнување на земјиштето при гасификација,
- присуство на непропустливи литолошки елементи во кровината и подината, кои го штитат гасификаторот од навлегување на подземни води;
- можност за одводнување на делови со подземна вода,
- можност за подготовка на гасен генератор при дупчење на дупчотини и
- можност за изградба на нови гасни постројки.

4. ЗАКЛУЧОК

Подземната гасификација има цела низа предности при добивање јаглен во споредба со конвенционалните методи за добивање јаглен, а тие главно се однесуваат на можноста за искористување на вонбилансни резерви на јаглен, значително подобрување на економските параметри при добивање, а особено при користење.

Со подземна гасификација на јаглен, може да се гасифицира секаков вид на јаглен, од антрацит па до лигнит, чија длабочина лежи 40-500 m, дебелината на слојот над 0,6 m. хоризонтални и до наклон од 50°, со содржина на влага во слој до 50%, pepел до 35% и содржина на испарливи материји до 50% од масата на горивото.

Подземната гасификација може да се примени на јаглени слоеви со едноставна и сложена градба. Кај јагленот од сложена градба, покрај јагленот се гасифицираат и материјалите од непосредниот покрив и подот, како и меѓуслојните кои се збогатени со органски материјали.

КОРИСТЕНА ЛИТЕРАТУРА

- [1] Couch, G. R., 2009. *Underground Coal Gasification*. IEA Clean Coal Center. London. CCC/151: 129
- [2] Sury, M., Kirton, J., et al., 2004. *Review of Environmental Issues of Underground Coal Gasification – Best Practice Guide*. DTI Cleaner Coal Technology Transfer, UK, Report No. COAL R273 DTI/Pub URN 04/1881
- [3] Walker, L., 2008, *Undergroun coal gasification*, <http://www.cougarenergy.com.au/Courtney>, R., 2009. *Underground Coal Gasification*. UCG Workshop, Pittsburgh Coal Conference. Pittsburgh, PA
- [4] hose, M. K. and Paul, B., 2007. *Underground Coal Gasification: A Neglected Option*. International Journal of Environmental Studies, 64777-783
- [5] Thorsness, C. B., Hill, R. W., et al., 1977. *Preliminary Results from an In Situ Coal Gasification Experiment Using Explosive Fracturing*. Fuel, 22(4), 1-21
- [6] Snoeberger, D. F., 1977. *Field Hydrological Tests of Explosively Fractured Coal*. Fuel, 22(4), 22-34
- [7] Fischer, D. D., King, S. B., et al., 1977. *A Report on the Successful Development of Underground Coal Gasification at Hanna, Wyoming*. Fuel, 22(4), 49-63
- [8] Boysen, J. E., 1978. *An Economic Sensitivity Study of UCG Based on Field Performance, Theory And Operational Experience*. Masters, University of Wyoming.