TỔNG QUAN VỀ CÔNG NGHỆ KHÍ HÓA THAN VÀ TRIỂN VỌNG ÁP DỤNG CÔNG NGHỆ TRONG TƯƠNG LAI

OVERVIEW OF THE COAL GASIFICATION TECHNOLOGY AND PROSPECTS OF TECHNOLOGY APPLICATION IN THE FUTURE

Nguyễn Tô Hoài

Khoa Mỏ - Công trình, Trường Đại học Công nghiệp Quảng Ninh

Email: ngtohoai@gmail.com

Mobile: 0912.298.997

Từ khóa:

Khí hóa than; Vỉa than; Công nghệ khai thác; Lỗ khoan

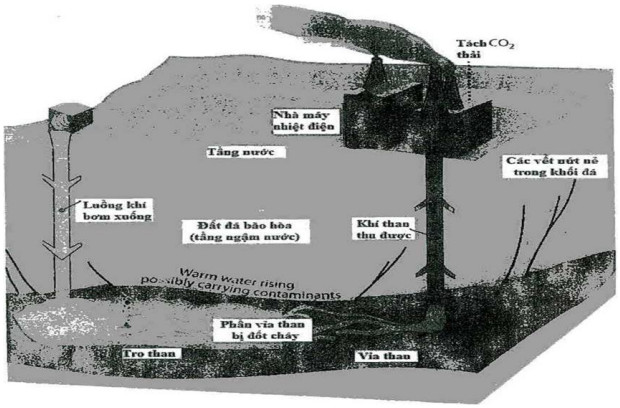
Tóm tắt

Khoa học mỏ hiện đang tập trung nghiên cứu giải quyết những vấn đề rất lớn cả trong lĩnh vực lý thuyết và thực tiễn (các giải pháp công nghệ mới), nhằm thỏa mãn nhu cầu khai thác nguyên liệu cho sản xuất trong lúc nguồn tài nguyên thiên nhiên đang cạn kiệt dần. Bởi lẽ các đòi hỏi về sản lượng khai khai thác, giá thành, năng suất lao động và bảo vệ môi trường đang là mối lo lắng chung của cả Nhà nước và toàn xã hội. Những hướng chủ yếu mà các nước đang tập trung đi sâu tìm tòi nghiên cứu trong lĩnh vực công nghệ khai thác mỏ theo các mục tiêu như: công nghệ khai thác liên tục, hoặc rất ít công đoạn, công nghệ khai thác đó phải đạt yêu cầu cao về bảo vệ thiên nhiên, bảo vệ môi trường sinh thái; hệ số tổn thất quặng, khoáng sản thấp nhất… Các phương pháp khai thác truyền thống hiện nay trong ngành khai thác mỏ nhìn chung chỉ cho phép khai thác các mỏ tương đối nông trên phần vỏ trái đất. Con người còn chưa tiếp cận được cách khai thác đạt hiệu quả kinh tế các nguồn tài nguyên thiên nhiên ở dưới sâu trong lòng đất;-và còn để tổn thất quặng, khoáng sản trong khai thác quá lớn. Một trong những công nghệ khai thác mới đang được nghiên cứu và thử nghiệm trên thế giới là phương pháp khí hóa than, với triển vọng của công nghệ này sẽ đem lại hiệu quả kinh tế cực kỳ to lớn làm thay đổi hoàn toàn công nghệ khai thác mỏ hiện tại.

1. QUÁ TRÌNH HÌNH THÀNH PHƯƠNG PHÁP KHÍ HÓA THAN

Năm 1888 nhà bác học vĩ đại người Nga - Menđêleev trong một báo cáo tổng kết về các vụ cháy lớn trong các mỏ than đã đi đến kết luận rằng: "cần sử dụng quá trình cháy đó vào mục đích có lợi cho con người". Năm 1912, nhà hoá học người Anh đã nêu dự án khoan giếng khoan có ống dẫn khí đến vỉa than, biến than ở dưới đất thành khí than để sử dụng làm nhiên liệu đốt lò hơi. Những ý tưởng về chuyển hoá than thành khí cháy ngay tại vỉa than nằm trong lòng đất đã nêu ra từ khá lâu, nhưng mãi tới 50 năm sau mới được tiến hành thực hiện tại một mỏ tại ở vùng Đôn Bát (Liên Xô cũ), còn ở các nước khác mãi tới những năm 50 của thế kỷ XX mới được tiến hành thực nghiệm ở một loạt nước như: Bỉ, Ý, Pháp, Marốc, Mỹ còn ở Anh, Séc và Canada thì đầu những năm 60 mới được đưa vào sản xuất thử nghiệm.

Khí hoá than dưới lòng đất là phương pháp khai thác mang tính tổng hợp và có triển vọng phát triển mạnh mẽ trong tương lai. Khí hoá than là quá trình chuyển hoá nguồn tài nguyên than nằm sâu dưới lòng đất ở từ thể rắn thành thể khí. Quá trình khí hoá than đã chuyển khai thác than từ phương pháp vật lý sang phương pháp hoá học, than đá từ thể rắn cao phân tử chuyển sang thể khí cháy có kết cấu phân tử thấp. Khí hoá than trong lòng đất cho phép kết hợp 3 quá trình công nghệ lớn là xây dựng mỏ, khai thác, khí hoá thành một chu trình công nghệ duy nhất và khép kín. Phương pháp khí hoá than trong lòng đất sẽ loại bỏ thiết bị khai thác cồng kềnh, nặng nề, đắt tiền, đồng thời cũng loại bỏ các thiết bị khí hoá than được lắp đặt trên mặt đất, giảm đáng kể khối lượng xây dựng mỏ.

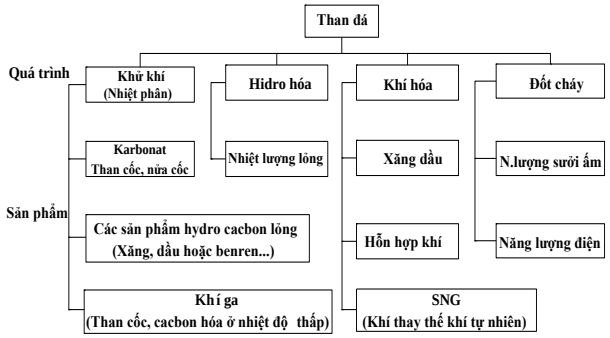


Hình 1. Minh họa phương pháp khí hóa than[4]

2. ĐẶC ĐIỂM CÔNG NGHỆ KHÍ HÓA THAN DƯỚI LÒNG ĐẤT

Than đá từ nhiều năm trở lại đây đã là nguồn cung cấp năng lượng chủ yếu để sản xuất điện

và phục vụ các ngành công nghiệp luyện kim và các ngành công nghiệp khác. Sơ đồ quá trình cơ bản đốt cháy than và các sản phẩm sinh ra xem trong hình 2[2].



Hình 2. Các quá trình cơ bản và các sản phẩm sinh ra[2]

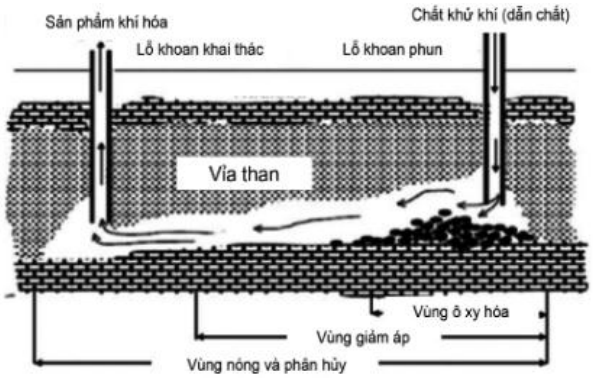
Như chúng ta thấy, một trong những quá trình cơ bản để sử dụng than là khí hóa nó. Kết quả là chúng ta thu được các sản phẩm như: khí tổng hợp, nhiên liệu cũng như khí thay thế khí tự nhiên.

Khí hóa than trong lòng đất (UCG) khác với khí hóa trên mặt đất trong các lò phản ứng, quá trình khí hóa diễn ra trực tiếp trong khoáng sàng, trong các vỉa than dưới lòng đất. Quá trình này là phương pháp trực tiếp chuyển hóa than thành khí tổng hợp mà không cần phải khai thác than bằng các kỹ thuật thông thường và các công nghệ khai thác truyền thống như hiện nay. Công nghệ khí hóa bao gồm than nằm dưới lòng đất sẽ chịu tác động của môi trường khí hóa như: không khí chứa ô xy, hơi nước cùng những hỗn hợp dẫn chất, kết quả là phản ứng thu nhiệt diễn ra mạnh mẽ, nhiệt độ tăng cao, sau thời gian này, hỗn hợp các khí chính sinh ra như H_2, CO, CO_2 và CH_4. Tỷ lệ mỗi thành phần trong các sản phẩm khí thu được phụ thuộc vào điều kiện nhiệt động học. Trong thực tế, khí hóa than hầm lò là quá trình rất khó khăn và vô cùng phức tạp, do đó đòi hỏi phải có thêm nhiều nghiên cứu và nhiều tính toán thực nghiệm quy mô trước khi nó trở thành công nghệ phổ biến và có giá trị thương mại.

Quá trình UCG bắt đầu từ đốt cháy vỉa than tại điểm đầu tiên của lỗ khoan địa nhiệt. Sau khi sinh ra ngọn lửa, giai đoạn quan trọng tiếp theo là cung cấp vào khu vực các dẫn chất khí hóa, kết quả là quá trình khí hóa bắt đầu diễn ra.

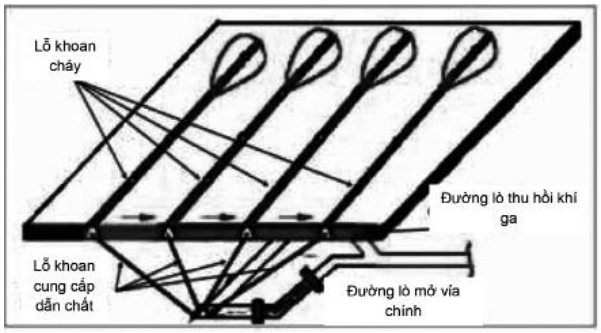
Khi đám cháy phát triển, nhiệt độ tăng cao trong khu vực và di chuyển dần dần dọc theo lỗ khoan ra khu vực đường khí ga thu hồi sản phẩm khí hóa[3]. Mô hình quá trình phát triển khí hóa than trong vỉa than xem trong hình 3.

Công nghệ khí hóa than có hai biến thể cơ bản, khác nhau ở phương pháp mở vỉa để khí hóa, được gọi là phương pháp có và không có giếng đứng. Phương pháp giếng đứng, như tên gọi của nó là đường lò mở vỉa tiếp cận than bằng giếng đứng. Chia vỉa than thành nhiều đoạn, sau đó khoan các lỗ khoan để phục vụ công tác khí hóa và thu hồi sản phẩm khí hóa. Cả hai đều được vận chuyển lên mặt đất bằng những đường ống được lắp đặt trong quá trình đào giếng.

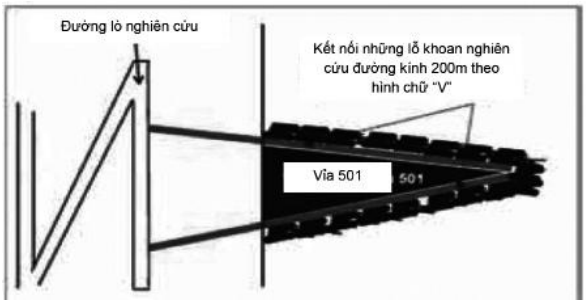


Hình 3. Các khái niệm về khí hóa than trong vỉa than và khu phản ứng trong đường lò khí hoá[4]

Ngược lại, phương pháp không dùng giếng đứng, mục tiêu là khí hóa vỉa than, đường lò mở vỉa dạng buồng đốt được thực hiện bằng lỗ khoan từ mặt đất hình thành lên các kênh cung cấp và sản xuất khí, những kênh này kết nối với nhau và với vỉa than được khí hóa. Biến thể của công nghệ UCG này hiện nay đang được tiếp tục phát triển với sự trợ giúp đáng kể trong công nghệ khoan định hướng trong những năm gần đây. Sơ đồ các phương pháp UCG được trình bày trong hình 4 và hình 5.



a. Ví dụ phương pháp lỗ khoan cục bộ

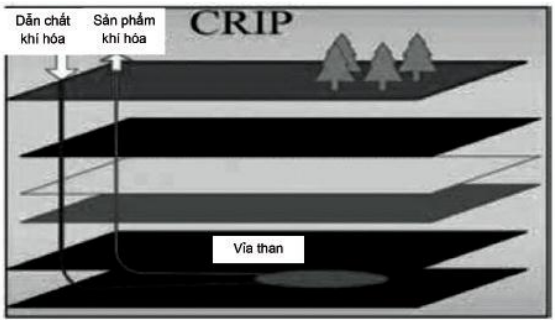


b. Sơ đồ ứng dụng khí hóa vỉa 501 tại mỏ Wieczorek - Ba Lan[5]

Hình 4. Phương pháp giếng đứng

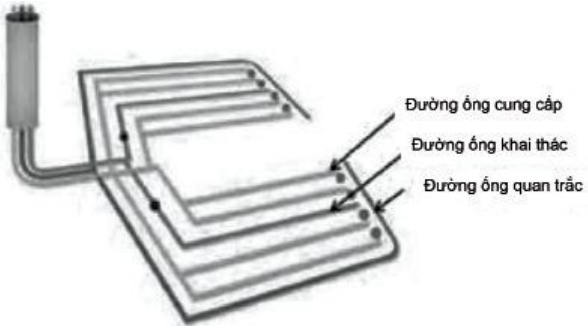
Phân tích khả năng khí hóa than dưới lòng đất khi không sử dụng giếng. Với phương pháp này lỗ khoan mở vỉa trong khoáng sàng ảnh hưởng đến

khả năng thu hồi khí và sự phát triển của công nghệ khí hóa hiện tại. Đó là công nghệ CRIP (Controlled Reacting Ignition Point), được phát triển tại Mỹ từ năm 1980 đến 1990 bởi phòng thí nghiệm quốc gia Lawrence Livermore, họ đã sử dụng phương pháp khoan định hướng và cho phép phát điện từ các sản phẩm khí hóa tại một điểm xác định của vỉa than bằng sự trợ giúp của ống thép linh hoạt. Khi các thông số cung cấp khí giảm, điểm nạp được thay đổi cho phép khí hoá vỉa than.



Hình 5. Phương pháp không giếng UCG (ví dụ phương pháp CRIP) [7]

Một vài công nghệ khác cũng được phát triển dựa trên kinh nghiệm của Liên Xô bởi công ty Ergo Exergy, công nghệ εUCG (εUnderground Coal Gasification) đã được áp dụng thành công tại dự án khí hóa than tại Trung Quốc. Phương pháp này sử dụng nhiều phương pháp khoan hiện đại, bao gồm các lỗ định hướng chính xác cũng như các lỗ khoan dọc và nghiêng thông thường, trong khi sử dụng các phương tiện khí hoá khác nhau, được lựa chọn tối ưu cho các điều kiện[5]. Nói một cách đơn giản, trong công nghệ εUCG, đường lò mở vỉa được tạo ra bằng cách khoan hai lỗ khoan thẳng đứng, một lỗ khoan cung cấp và một lỗ khoan khai thác. Những lỗ này được kết nối bằng lỗ khoan định hướng nằm trong vỉa than khí hóa.

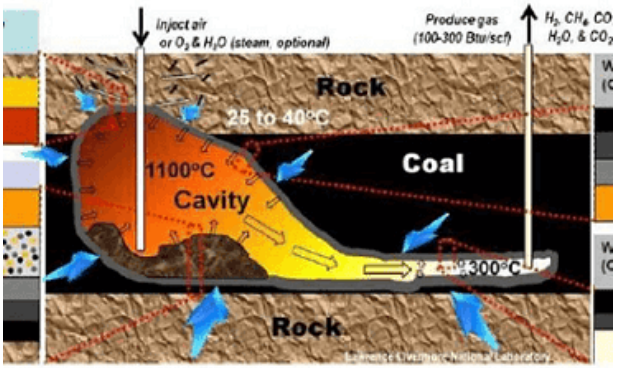


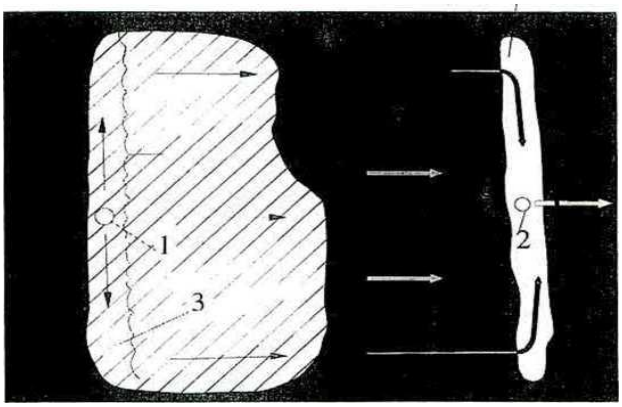
Hình 6. Sơ đồ công nghệ SWIFT[6]

Công nghệ mới là công nghệ SWIFT (Single Well Integrated Flow Tubing), được phát triển bởi Portman Energy vào năm 2012 và được cấp bằng sáng chế năm 2013. Công nghệ này chỉ sử dụng một lỗ khoan thẳng đứng cho cả sản phẩm và cung cấp dẫn chất. Công nghệ này sử dụng một lớp vỏ để định vị các đường ống bên trong, không gian bên trong chứa đầy khí trơ, cho phép quan trắc sự rò rỉ khí ga, ngăn ngừa sự ăn mòn và truyền nhiệt[6]. Sơ đồ công nghệ chung xem hình 6.

3. NGUYÊN LÝ HÌNH THÀNH KHÍ TRONG Ổ CHÁY NGẦM KHI KHÍ HÓA THAN BẰNG PHƯƠNG PHÁP DÒNG

Nguyên lý hình thành khí trong ổ cháy ngầm khi khí hoá than bằng phương pháp dòng được thể hiện trong hình 7.





1 - Lỗ khoan dẫn dòng khí thổi; 2- Lỗ khoan dẫn khí than lên mặt đất; 3- Kênh dẫn khí thổi đến các ổ cháy; 4- Kênh gom khí than đến ống 2.

Hình 7. Sơ đồ nguyên tắc quá trình khí hoá trong vỉa than[1]

Tuỳ thuộc vào đặc điểm của các phản ứng hoá học trong quá trình khí hoá than trong lòng đất, có thể phân lò khí hoá than ra thành 3 vùng theo chiều dài: vùng cháy, vùng tái điều tiết, và vùng sấy nóng vỉa than. Vùng cháy được tính từ điểm mà ôxy tiếp xúc với bề mặt của vỉa than, và xảy ra phản ứng với than, điểm kết thúc ở vị trí ôxy hết hoàn toàn để tạo lên khí ôxit cacbon (CO). Tại vùng cháy xảy ra các phản ứng sau:

$C + O_2 = CO_2 + 394$, kcal/kg.mol

$2C + O_2 = 2CO + 221$, kcal/kg.mol

$H_2 + 0{,}5O_2 = H_2O + 242$, kcal/kg.mol

$CO + 0{,}5O_2 = CO_2 + 286$, kcal/kg.mol

$CH_4 + 2O_2 = CO_2 + 2H_2O + 801$, kcal/kg

Phản ứng tạo khí ôxit cacbon (CO) và các phản ứng trên thoát ra rất nhiều nhiệt lượng. Nhiệt lượng

này chủ yếu nung nóng các sản phẩm khí tạo nên nung nóng đất đá xung quanh và làm bốc hơi nước.

Tiếp đó, dòng khí di chuyển dọc theo lò khí hoá về phía sau vùng cháy gọi là vùng tái điều tiết, nung nóng bề mặt vỉa than tới nhiệt độ 900-1200°C, với nhiệt độ nàv sẽ xảy ra phản ứng hoá học chủ yếu chuyển khí cacbonic (CO_2) thành khí ôxit cacbon (CO) và các phản ứng khác như sau:

$CO_2 + C = 2CO + 173$ (kcal/kg.mol)

$H_2O + C = CO + H_2 + 130$ (kcal/kg.mol)

$2H_2O + C = CO_2 + H_2 + 803$ (kcal/kg.mol)

Các phản ứng trên là phản ứng thu nhiệt lượng lớn, do đó nhiệt độ của dòng khí bị giảm dần và phản ứng cũng chậm dần cho tới khi nhiệt độ dưới 700°C thì chấm dứt. Vùng lò khí hoá có nhiệt độ giảm dần tới 700°C được gọi là vùng tái điều tiết. Luồng khí được dịch chuyển tiếp làm vùng than được nung nóng và thoát ra các sản phẩm khí nhẹ, và hơi nước. Tại vùng sấy nóng vỉa than, do ảnh hưởng của hơi nước đã xảy ra các phản ứng sau đây:

$CO + H_2O = CO_2 + H_2 + 418,0$ (kcal/kg.mol)

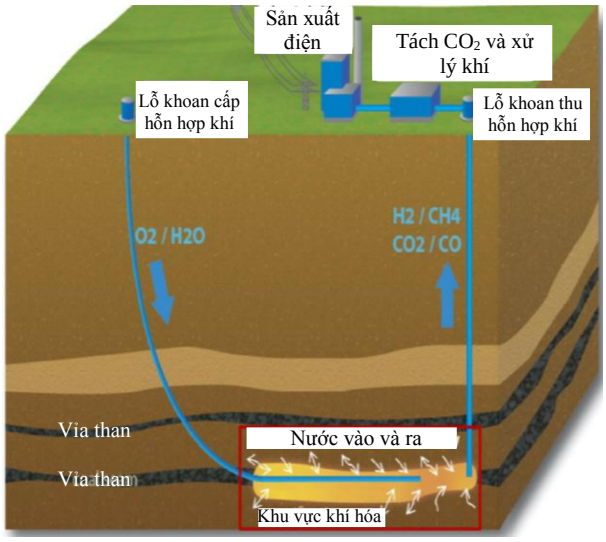
$CO + 3H_2 = CH_4 + H_2O + 205,0$ (kcal/kg.mol)

$C + 2H_2 = CH_4 + 75,3$ (kcal/kg.mol)

Đồng thời khả năng nhiệt của khí cũng giảm đi (150-200 kcal/1 triệu m^3) làm giảm hiệu suất của lò khí hoá. Vì vậy người ta cố gắng làm giảm chiều dài của lò khí hoá sao cho nhỏ nhất hoặc không có vùng này.

Kinh nghiệm hoạt động của các trạm khí hoá than ngầm trong lòng đất trên nhiều nước cho thấy, tổng chiều dài của 2 vùng: vùng cháy và vùng tái điều tiết trong khoảng 25-30 m là thích hợp nhất.

4. SƠ ĐỒ CÔNG NGHỆ KHAI THÁC BẰNG PHƯƠNG PHÁP KHÍ HÓA THAN



Hình 8. Sơ đồ công nghệ khai thác bằng phương pháp khí hóa than[1].

Để khai thác than bằng phương pháp khí hoá than, người ta tiến hành khoan các lỗ khoan đến vỉa than, và giữa chúng xây dựng một loạt các lò nối. Như vậy đã có hệ thống lò dẫn, ống dẫn mà trong đó lưu chuyển khí than và không khí. Trong lòng đất, vỉa than được đốt cháy với một điều kiện nhất định, dòng khí nóng hình thành được dẫn trong hệ thống ống dẫn trong các lỗ khoan đưa lên mặt đất tới nơi tiêu thụ. Một số lỗ khoan được sử dụng làm hệ thống thổi khí từ trên mặt đất xuống lò đốt, còn lại các lỗ khác thì dẫn khí than nóng lên trên mặt đất. Lượng khí than thu nhận cũng như thành phần cấu tạo của nó phụ thuộc vào chế độ thổi khí vào buồng đốt.

Trong quá trình cháy, ngọn lửa và hơi nóng qua các ống dẫn có tiết diện khác nhau, ảnh hưởng đến tốc độ thổi khí và việc điều khiển làm thay đổi thành phần khí than chỉ bằng cách thay đổi tốc độ dòng khí này mà thôi.

Qua thực nghiệm sản xuất phương pháp khí hoá than tại một số nước trên thế giới đã thu được những kết quả tích cực nhưng cho tới đầu những năm 60 phương pháp này vẫn chưa được áp dụng rộng rãi. Những cản trở chính làm cho quá trình khí hoá than kém hiệu quả là độ kín của ống cháy trong lòng đất không cao, và nước ngầm đã gây cản trở rất lớn trong quá trình đốt. Những cản trở trên đây có thể vượt qua nếu bao quanh vỉa than bằng lớp sét không thấm nước và dẻo, đồng thời ngay cả trong điều kiện lý tưởng đó thì việc khí hoá than cũng chỉ có thể sử dụng khí thổi trong một thời hạn nhất định về áp lực mà thôi. Thời gian gần đây do đứng trước nguy cơ trữ lượng dầu mỏ và khí đốt từ nguồn tài nguyên thiên nhiên cạn kiệt nhanh, nhiều nước đã đẩy mạnh việc nghiên cứu sản xuất khí đốt nhân tạo thì phương pháp khí hoá than mới được đặc biệt chú ý nghiên cứu trên một dải rộng về chế độ đốt nhằm nâng cao hiệu quả trong khí hoá than và chất lượng của khí than.

Kinh nhiệm thực tế trên 40 năm qua về khí hoá than ở LB Nga cũng chỉ mới thử nghiệm trong một số mỏ vùng than nâu, có độ ẩm dưới 40% và chiều dày vỉa từ 0,5 m đến 20 m, vỉa nằm sâu dưới mặt đất khoảng 75-300 m và góc dốc của vỉa $\alpha \approx 60°$, cũng đã thử nghiệm ở một số mỏ than đá có độ tro cao 25- 40%, vỉa mỏng 0,6-1 m, ở độ sâu khoảng 400 m.

Hiện nay, phương pháp mở vỉa trong khí hoá than nhìn chung được tiến hành tương tự như mở vỉa khai thác dầu mỏ và khí đốt.

Những thành phần cơ bản sơ đồ công nghệ khai thác bằng phương pháp khí hóa than bao gồm: lỗ khoan đến vỉa than ở 2 nơi, giữa chúng được nối lại bằng một đường ống dẫn. Mội đầu lỗ khoan được thổi khí đến vỉa than nơi ổ đốt, còn lỗ khoan kia được hút khí than lên.

5. KẾT LUẬN

- Phương pháp khí hoá than có nhược điểm là hệ số sử dụng thấp, nhiệt lượng cháy của khí hoá than không cao (chỉ bằng 0,15 - 0,2 so với khí đốt thiên nhiên), tiêu hao năng lượng khá lớn chủ yếu vào việc tạo dòng khí thổi có áp lực (chiếm 90%) toàn bộ tiêu hao năng lượng trong khí hoá than, hệ số tổn thất khá lớn, lượng khí than bị rò rỉ nhiều khoảng 17%, gây ô nhiễm các nguồn nước ngầm và nước mặt trong vùng mỏ,...

- Những công nghệ hiện có đang được ứng dụng trong khí hoá than trong khai thác các mỏ than nâu, than đá thì tính kinh tế kém hơn so với khai thác khí đốt thiên nhiên.

- Tuy nhiên, ở những vùng không có dầu mỏ, và khí thiên nhiên mà ở đó chỉ có trữ lượng than nâu, hay than đá với trữ lượng không lớn, và nếu phải vận chuyển từ xa các nguồn năng lượng đó cung cấp cho tiêu dùng với chi phí giá thành cao thì việc áp dụng khí hoá than sẽ đem lại hiệu quả nhất định. Mặc dầu có những nhược điểm đã nêu trên việc ứng dụng phương pháp khí hoá than sẽ đem lại hiện quả kinh tế rất lớn đối với một số mỏ than nhỏ, vỉa than mỏng và chiều dày lớp đất phủ lớn, hoặc những vỉa than nằm ngoài bảng cân đối, có thể tận thu các khu mỏ đã hết thời hạn khai thác

- Kinh nghiệm thế giới cho thấy, công nghệ khí hóa than dưới lòng đất là một trong những lựa chọn hàng đầu để tận dụng tối đa nguồn tài nguyên, đặt biệt là khi công nghệ khai thác cổ điển không khả thi về mặt kỹ thuật và kinh tế.

- Tuy thế giới đã có nhiều kinh nghiệm, nhưng công nghệ khí hóa than dưới lòng đất vẫn chưa hoàn thiện để ứng dụng rộng rãi trong công nghiệp khai khoáng. Với nhiều điều kiện như địa chất khoáng sàng, vị trí khí hóa than, điều kiện công nghệ, bảo vệ môi trường, công tác an toàn, quan trắc đầy đủ quá trình khí hóa than, cũng như khả năng lợi nhuận trong các dự án quy mô công nghiệp.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

[1]. Baron R., Kabiesz J., Koteras A.: Wybrane aspekty ryzyka środowiskowego związanego z procesem podziemnego zgazowania węgla [w]: „Zagrożenia i technologie" pod red. J. Kabiesz, 2013.

[2]. Karcz A., Ściążko M.: Energochemiczne przetwórstwo węgla do paliw ciekłych. Wiadomości
Górnicze, nr 2, Katowice 2007.

[3]. Kapusta K., Stańczyk K.: Uwarunkowania i ograniczenia rozwoju procesu podziemnego zgazowania węgla w Polsce. Przemysł Chemiczny 2009, 88/4.

[4]. Self S., Reddy B., Rosen M.:Review of underground coal gasification technologies and carbon capture, International Journal of Energy and Environmental Engineering, 2012.

[5]. Strugała A., Czaplicka-Kolarz K., Ściążko M.: Projekty nowych technologii zgazowania węgla powstające w ramach Programu Strategicznego NCBiR, „Polityka Energetyczna", tom 14, zeszyt 2, s. 375-390.

[6]. Stojcevski A., Harish Kumar RN, Devamanokar Lakshmanan Udayakumar, Maung Than Oo A.: Underground Coal Gasification: an alternate, Economical, and Viable Solution for future Sustainability, International Journal of Engineering Science Invention, Vol. 3, Issue 1, 2014.

[7]. Shafirovich E.. Varma A.: Underground Coal Gasification: A Brief Review of Current Status, Ind. Eng. Chem. Res., 2009, 48 (17).