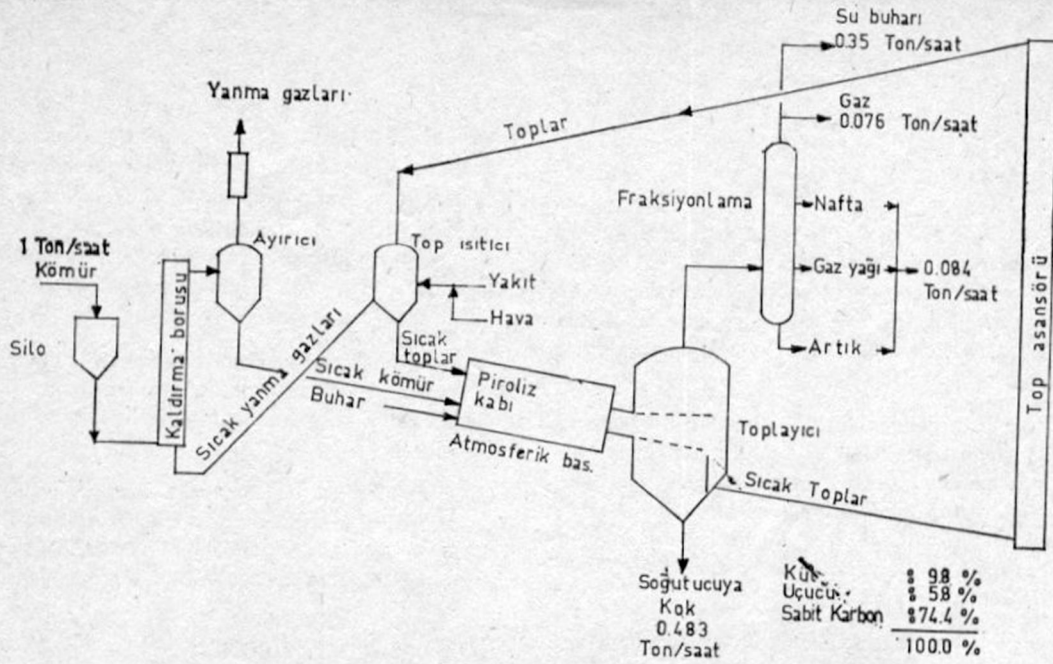


ÇİZELGE 8'in Devamı

Ş İ R K E T	Y Ö N T E M	ÜRETİM	KÖMÜR		TUTARI	DURUMU
TİCARİ PROJELER		Milyon ft ³ /gün	Türü	Ton/gün	Milyon Dolar	
General Electric	—	Açıklanmadı	Açıklanmadı	Açıklanmadı	Açıklanmadı	Paştalaşan kömürlerin ön işleme gerek göstermeden gazlaştırılması çalışmaları yapılmaktadır.
Davy Powergas Co.	Winkler	—	—	—	—	Winkler yönteminin geliştirilmiş bir şekliyle düşük ısı değerli gaz üretilecektir.
Coalcon (Chemico and Union Carbide)	Hidrokarbonlaştırma	22 (+ 3900 bbl/gün sıvı ürün)	Açıklanmadı	2.600	237	8 yıllık bir devre içinde bir demonstrasyon fabrikası kurma konusunda OCR ile anlaşma yapılmıştır.
Rochwell International Corp.	Erimiş Tuz düşük ısı değerli	—	Açıklanmadı	5	6,9	Elektrik üretimi için pilot/demonstrasyon fabrikası kurma konusunda OCR ile anlaşma yapılmıştır.
Catalytic Inc.	Ignitluid	—	—	—	—	Kazanlarda yakmaya elverişli düşük ısı değerli gaz üretimi için denemeler yapılmaktadır.

Kaynak : U. S. Coal Gasification Pipeline and Gas Journal, March 1975



ŞEKİL 2 — TOSCOAL Yöntemi

liz kazanında toprakla karşılaşır ve piroliz işlemi başlar. Ayırıcıda kok, toprak ve gaz ürünler ayrılır. Kok soğutulur ve pazarlanır, toprak ısıtıcıya gider. Gaz ürün ise sıvı ve gaza ayrıştırılır.

Üretilen kokun ısı değeri çok yüksektir. Yalnız çok tozlu olduğundan biriketlenmesi gerekmektedir.

Yöntem 4,54 kg/saatlik besi hızı olan bir pilot fabrikada denenmektedir.

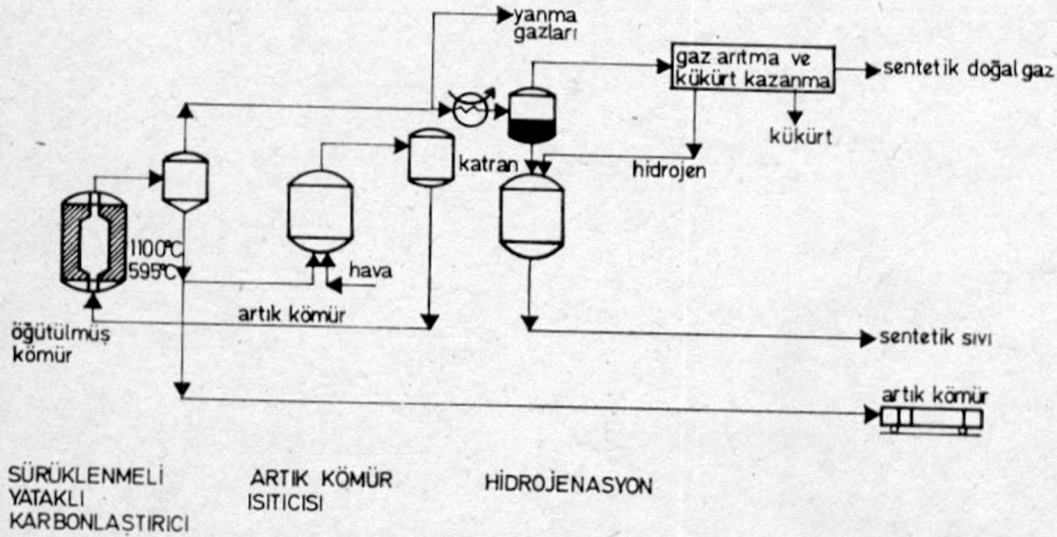
3.1.3. GARRETT YÖNTEMİ

Akım şeması Şekil 3 de görülen yöntem, havasız

ortamda, kömürün hızlı bir piroliziyle sıvı, gaz ve katı ürünlere dönüştürülmesi amacını taşır.

Isı taşıyıcı olarak sıcak artık kömür döndürülmektedir.

Öğütülmüş kömür 870°C sıcaklıkta ve 3,4 atmosfer basıncındaki karbonlaştırıcıda, ısı taşıyıcı yardımıyla, 2 sn. den az bir zamanda pirolize edilir. Artık kömür ve gaz ürünler seri haldeki siklonlarda ayrılırlar. Artık kömürün bir kısmı havayla yakılarak, ısı taşıyıcı olarak kullanılan kısmını ısıtmakta kullanılır.



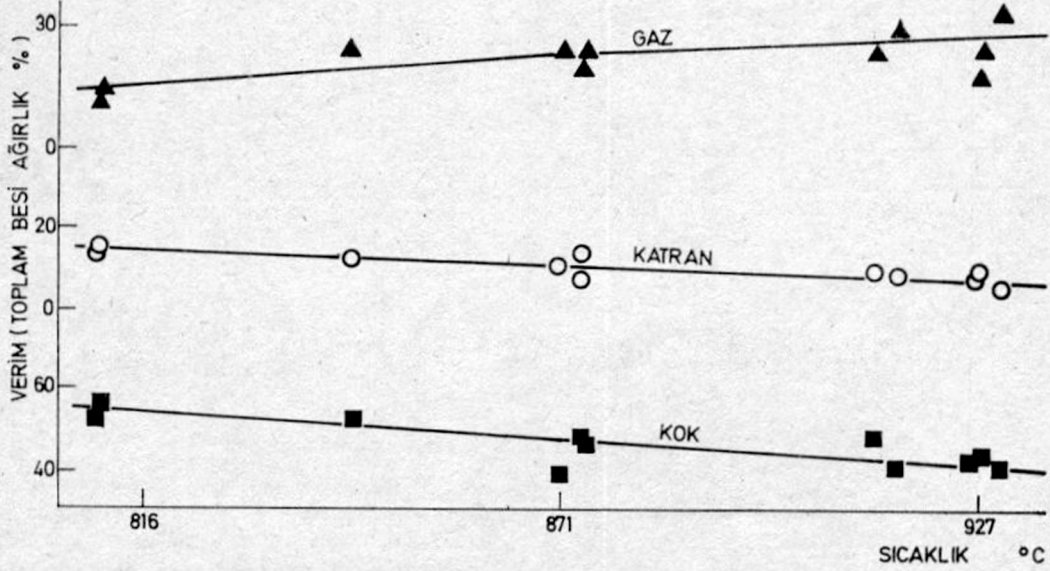
ŞEKİL 3 — GARRETT Yöntemi Akım Şeması

Piroliz ürünlerinin ayrılıp, arıtılmasından sonra dört önemli pazarlanabilir madde elde edilir, yapay hamyağ veya yakıt yağı, elektrik santrali kazanlarında yakılmaya elverişli bir artık kömür, pipeline gazı ve elementer kükürt, ürünlerin miktarları piroliz sıcaklığının denetimiyle ayarlanabilmektedir. En değerli ürün sıvı maddeler olduğundan,

bunların en fazla olacağı koşulların saptanmasına çalışılmaktadır.

Çeşitli sıcaklıklarda üretimin dağılışı Şekil 4 de görülmektedir.

Çalışmalar 22,7 kg/saat lik besi hızı olan bir pilot tesiste yürütülmektedir.



ŞEKİL 4 — GARRETT Yöntemi Üretim Dağılımı

3.2. GAZLAŞTIRMA

En iyi kömür gazlaştırma yöntemi, kömürün en az işlem ve en yüksek ısı verimle, kullanıma amacına uygun bir gaz haline dönüştürülmesidir.

Gazlaştırma sırasında kükürt, çoğunlukla H_2S 'e, azot bileşikler amonyaka dönüştürülür. H_2S arıtması, SO_2 arıtmasından daha kolaydır ve amonyak da önemli bir yan ürün oluşturur. Bu nedenle kömürün gazlaştırılması, kömürün bütünüyle yakılıp, yanma gazlarının işlenmesine karşı üstünlük kazanmaktadır.

Kömür gazı, ısı değerine göre üç grupta toplanabilir :

- 1 — Düşük ısı değerli :
100 - 175 Btu/scf (890 - 1550 Kkal/Nm³)
- 2 — Orta ısı değerli :
250 - 400 Btu/scf (2250 - 3600 Kkal/Nm³)
- 3 — Yüksek ısı değerli :
950 - 1000 Btu/scf (8450 - 8900 Kkal/Nm³)

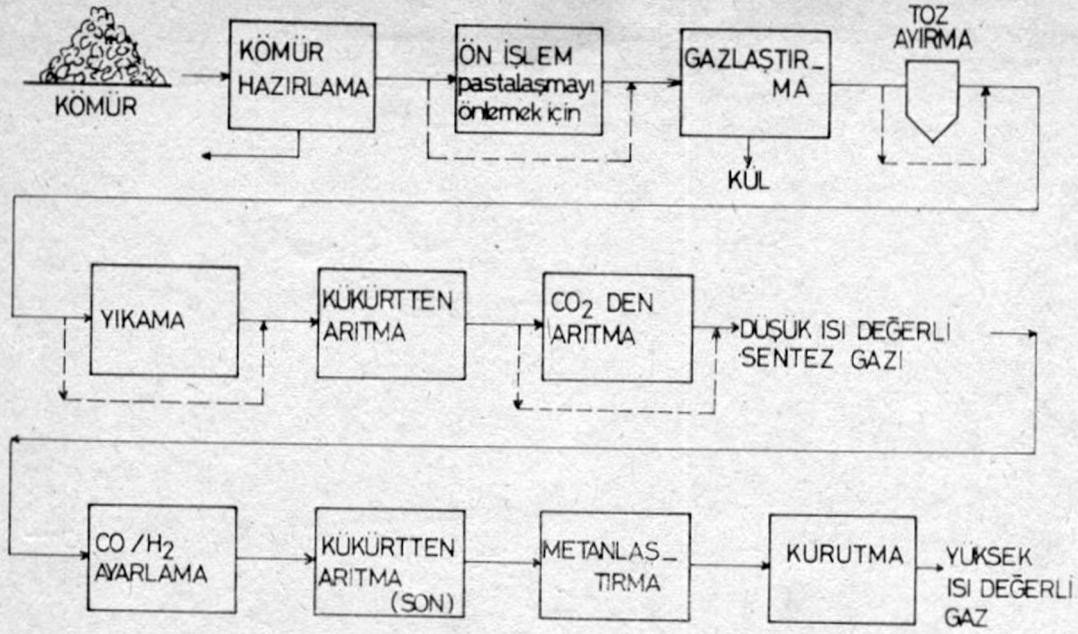
Düşük ve orta ısı değerli gazlar daha ucuza üretilmektedirler. Yalnız bunların hacimsal ısı de-

ğerlerinin düşük olması nedeniyle, aynı miktar ısı için gerekli dağıtım gideri yüksek ısı değerli gazınkine oranla fazla olmaktadır. Bu durum düşük ve orta ısı değerli gazın hemen üretildiği yerin yakınında kullanılmasını zorunlu kılmaktadır.

Kömür gazlaştırma yöntemlerinde ana aşamaları hemen hemen ortak olup Şekil 5'de şematik olarak görülmektedir. Çoğunlukla bütün yöntemlerde metanlaştırmadan başka bütün aşamalar için yöntem dizaynları açıkça belirtilmektedir.

Metanlaştırma üzerindeki çalışmalar yoğun bir şekilde sürdürülmektedir ve birçok metanlaştırıcı dizaynı önerilmiştir. Bunlardan şu tipleri sıralayabiliriz.

- 1 — Gazın her reaktör arasında soğutulduğu adyabatik metanlaştırıcılar serisi,
- 2 — Kataliz yatakları arasına soğutma tüpleri konan metanlaştırıcılar,
- 3 — Gazın bir kısmının kataliz yatakları arasına verildiği metanlaştırıcılar,
- 4 — Soğutucu tipler üzerine serpiştirilmiş kataliz (Ranaj nikel katalizi) kullanan metanlaştırıcılar,



ŞEKİL 5 — Kömür Gazlaştırma Yöntemlerinde Ana Aşamalar

5 — (Yeterince güçlü bir kataliz bulunabilirse) akışkan yataklı metanlaştırmacılar,

6 — Isı yükselmelerini önlemek için yukarıdaki yöntemlerden herhangi birinde, metanlaştırılmış gazın bir kısmının girişe verildiği metanlaştırmacılar,

Son seçenek yüksek CO içerikleri için önerilmektedir. Maliyetinin yüksek olmasına karşın tehlikeli ısı değişimlerini önlemesi yönünden çekici görülmektedir. Bütün bu öneriler için pilot çalışmalar yapılmaktadır. Ancak ticari anlamda denenmiş olan bir yöntem henüz yoktur.

Amerika'da Continental Oil Co.'nin öncülüğünde on-beş firma 283.200 m³/gün orta ısı değerli gazın temizlenmesi ve sabit yataklı bir reaktörde metanlaştırılarak 73.632 m³/günlük yüksek ısı değerli gaz üretimi üzerinde çalışmaktadır. Dizayn edilen kapasitenin % 85-90'ına erişildiği belirtilmektedir. CCI'da bir kaç yıldan beri günde 150.000 ft³ (4680 m³) pipeline gazı üreten, birkaç sabit yataklı reaktörden oluşan bir pilot tesiste çalışmaktadır. Yöntemlerin ısı denetimi, üretilen gazın bir kısmının çevrimiyle sağlanır. Çalışmalar çeşitli işletme koşullarında iş görece kataliz geliştirilmesi üzerinde yoğunlaşmıştır.

IGT Hygas fabrikasında, OCR'ın kontratı altında kurulmuş bir sıvı - fazlı metanlaştırmacı üzerinde çalışılmaktadır.

BCR ise akışkan yataklı bir metanlaştırmacıyla çalışmalarını sürdürmektedir.

Bureau of Mines, Raney'in nikel katalizi üstünde çalışmaktadır. 2 tip üzerinde küçük çapta deneyler yapılmıştır. İlkinde kataliz, üstünden sentez gazlarının geçtiği çelik yüzeye püskürtülür ve ısı denetimi soğuk üretim gazlarının çevrimiyle sağlanır. İkincisinde kataliz metanlaşma tepkimelerinin ısısını alan bir sıvıyla çevrili tüpler üzerine püskürtülür.

Metanlaştırma sorununun yakın bir gelecekte çözüme ulaşacağı sanılmaktadır.

Gazlaştırmacılar pek çok şekilde sınıflandırılabilirler. En önemli sınıflandırma şekilleri gaz akımı ve kömür akımının birbirlerine göre durumlarıyla, kömürün gazlaştırmacıdan uzaklaştırılma yöntemlerine göre yapılanlarıdır.

Akıma göre sınıflandırmada sabit yataklı, akışkan yataklı ve sürüklenmeli (entrained) gazlaştırmacıları sayabiliriz. Sabit yataklı kömür kütlesi gazlaştırmacıya tepeden yüklenir ve gaz oldukça düşük hızlarda yukarıya doğru yükselir. Çok düşük hızlarda bile bir miktar uçucu kül ve küçük kömür parçacıkları gazla birlikte sürüklenmektedir. Akışkan yataklı gazlaştırmacılarda öğütülmüş kömür kullanılır. Kömür yukarı doğru çıkan gazlar içinde, akışkan yataklı yüksek bir verimle tepkimeye girer. Gazla sürüklenen uçucu kül ve kömür parçacıkları miktarı, sabit yataklı orana daha yüksektir. Sürüklenmeli akımlı gazlaştırmacılarda öğütülmüş kömür gazla sürüklenir, gaz akımı aşağı veya yukarı doğru olabilir.

Külün gazlaştırıcıdan uzaklaştırılma şekli, gazlaştırıcı içindeki en yüksek sıcaklığa bağlıdır. Kömürün mineral maddesinin erime derecesi ve yumuşama aralığı, inorganik bileşiklerin sayısına ve miktarına göre belirlenir. 980°C'nin altındaki sıcaklıklarda mineral madde kurudur, daha yüksek sıcaklıklarda yumuşama ve aglomerleşme başlar. 1540-1760°C sıcaklıklarda kül akışkanlaşır. Bazan akışkanlık sıcaklığını düşürmek amacıyla katkı maddeleri (fenxing agent) kullanılır. Külün durumuna göre, kömür gazlaştırıcıları, kuru dipli, aglomerli veya curuflu olarak sınıflandırılabilirler.

Genellikle gazlaştırıcı sıcaklığı en düşük sabit yataklarda olur ve sabit yataklı, akışkan yataklı, kül aglomerli ve curuflu gazlaştırıcılarda sırayla yükselir. Tepkime hızı sıcaklıkla doğru orantılı olduğundan, yüksek sıcaklıklar gazlaştırıcı hacminin küçük olabilmesi olasılığını getirirler. Ayrıca bu sıcaklıklarda katran parçalanması da tam olur. Bu gaz soğutma, kükürten arıtma ve artık su kontrolü için önemli ölçüde kolaylık demektir.

Erimiş bir tuz veya demir banyosu içinde kömür gazlaştırması ise diğer bir yöntemdir. Bu genellikle tek aşamada ve eriyiğin çoğu, kükürt ve mineral madde eriyik banyosunda kalacak şekilde olur. Yöntem diğerlerinden gazlaştırma ve kükürten arıtmanın aynı ve tek aşama olmasıyla ayrılır. Yalnız bu yöntemde kükürt ve mineral maddenin ortamdan uzaklaştırılması için, eriyiğin bir kısmının sürekli olarak atılması gerekir.

Gazlaştırıcının iyi işletilmesi için önemli bazı koşulları şu şekilde sıralayabiliriz :

1) Üretim gazları kömür enerjisinin en fazlasını kapsayabilecek şekilde elde edilmelidir.

2) Ticari bir yöntemde, kükürten arıtmadan önce ham sentez gazı en azından 150°C'a kadar soğutulmalıdır.

3) Ham sentez gazındaki katran ve sıvılaştırılabilir madde miktarı, ısı kazanılması ve şebekede doğuracağı zorluklar nedeniyle, az olmalıdır.

4) İyi bir ısı verimi için buhar bozunması tam olarak sağlanmalıdır.

5) 870-980°C'nin üstünde uçucu küllerin bir sorun yaratabileceği unutulmamalıdır.

6) Aygıt büyüklüklerinden kazanmak için küçük gaz hacimleri elverişlidir.

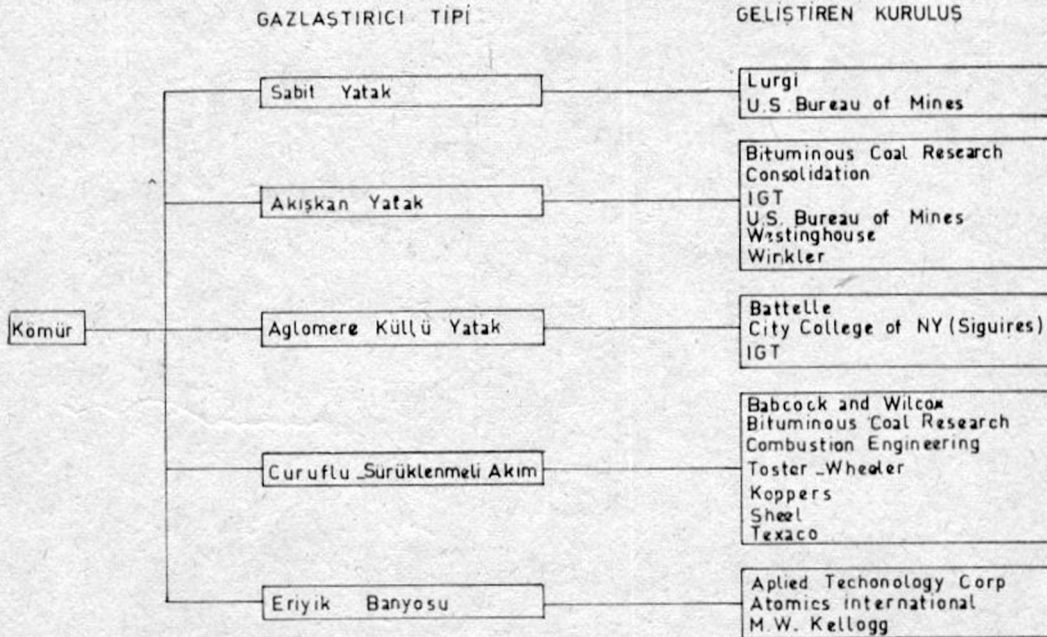
7) Yüksek basınçlarda, gaz hacimleri küçüktür, metan üretimi fazladır.

8) Hava yerine oksijen kullanımı gaz hacmini azaltır. Yönteme bağlı olarak oksijen kullanımı, sistemin fiyatını artırır veya azaltır.

9) Diffüzyon hızını kontrol altına alana dek, tepkime hızı, sıcaklık yükselmesiyle üstel olarak artar. 1690°C'in üstünde tepkime hızı fazladır, ancak gaz akımının hızı yüksekse genellikle diffüzyon tepkime hızını kontrol altına alır.

10) 1093°C de kısa bir sürede kimyasal denge kurulur ve buhar bozunması tamamlanır.

Özellikle 1960 dan beri dünyanın pek çok yerinde kömürlerin gazlaştırılmalarıyla ilgili çalışmalar sürdürülmektedir. Bunlardan önemli aşamalarını tamamlamış olanlar aşağıda yer almaktadır. Yöntemlerin gazlaştırıcı tiplerine göre sınıflandırılmaları Şekil 6'da, görülmektedir.



ŞEKİL 6 — Kömür Gazlaştırıcılarının Sınıflandırılması

3.2.1. LURGI YÖNTEMİ :

Şematik görünümü Şekil 7'de verilen 34 atm. basınç ve 454°C sıcaklıktaki sabit bir yatağa verilen öğütülmüş kömür, buhar ve oksijen veya hava ile gazlaştırılır. İyi bir ısı alış-verişi ortamı sağlanması, basınç altında çalışması, oksijen miktarının ayarlanmasıyla çeşitli yük değişimlerine kolayca uyabilmesi ve yan ürün olarak «Schwelter» denilen iyi kaliteli katran ve gaz benzini elde edilmesi gibi üstünlükleri olan bu yöntem geniş ölçüde endüstriyel olarak kullanılmaktadır. Almanya, Çekoslovakya, Avustralya, Güney Afrika ve İngiltere'de bu yöntemle çalışarak 4000-5000 Kkal/Nm³ ısı değerli şehirci gazı veya sanayi gazı üreten fabrikalar bulunmaktadır.

Lurgi yönteminin daha geliştirilmiş bir şekli ise yapay doğal gaz üretimini amaçlamaktadır. Akım şeması Şekil 8 de görülen yöntemde, kömür yukarıda anlatılan tipte bir gazlaştırıcıda, buhar ve oksijenle tepkimeye sokularak % 90'ı aşan bir ısı verimle gazlaştırılır. Ham gazdaki H₂/CO oranı şugazı tepkimesiyle bir ayarlayıcıda düzenlenir.

Gaz ısı eldesi için soğutulduktan sonra içindeki CO₂, kükürt bileşikleri ve diğer safsızlıklar Rektisol yöntemine göre temizlenir. Daha sonra gaz, ısı değerini 8650 Kkal/Nm³ ün üstüne çıkarmak amacıyla metanlaştırılır.

Fenol, amonyak ve yağ asitlerini içeren gaz, bu ürünlerinden Phenoslovan yöntemiyle ayrılır.

Çizelge 9 da günde 7.000.000 m³ yapay doğal gaz üreten bir fabrika için harcamalar ve üretim değerleri görülmektedir.

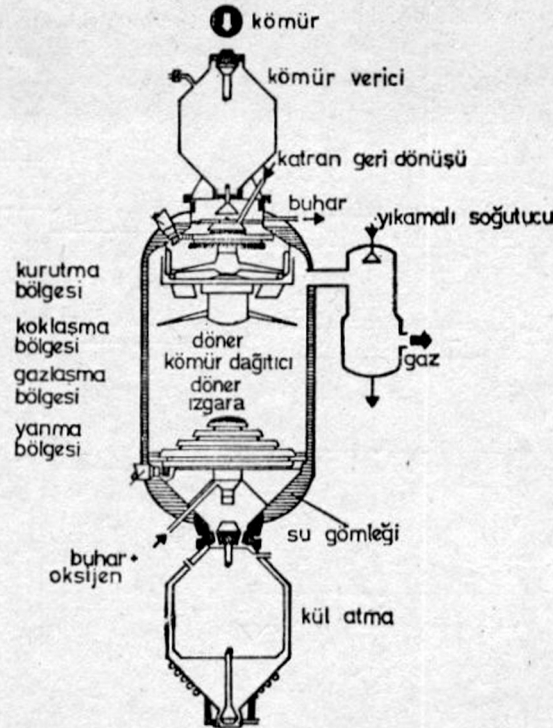
ÇİZELGE 9 — Yapay Doğal Gaz Üreten Bir Fabrika İçin Harcamalar ve Üretim Değerleri

HARCAMALAR :

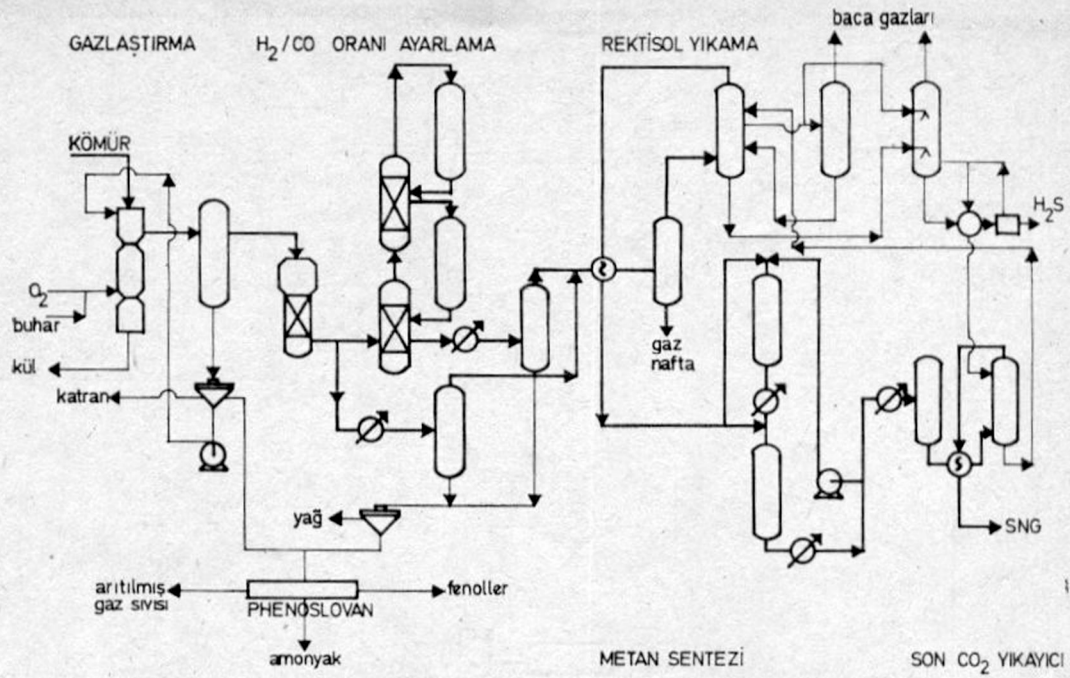
Kömür	: 425-460 milyon Btu/gün (110-115 milyon Kkal/gün)
Oksijen	: 4700-4600 Ton/gün
Buhar	: 800-1200 Ton/saat
Su	: 30.000-200.000 gal/dak. (115-750 m ³ /dakika)
Besleme Suyu	: 900-1500 Ton/saat
Güç	: 60 MW

ÜRETİM :

Yapay Doğal Gaz	: 63 milyon Kkal/gün
Buhar	: 650 Ton/saat (yüksek basınç)
Katran, yağ, nafta	: 40-70 Ton/saat
Fenoller	: 3-6 Ton/saat
Amonyak (susuz)	: 150-200 Ton/gün
Kükürt	: Kullanılan kömür cinsine göre değişir.



ŞEKİL 7 — LURGI Basınçlı Gazlaştırıcısı



ŞEKİL 8 — LURGI — SNG Yöntemi

1972'de yapılan bir tahmine göre 7.000.000 m³/gün kapasiteli bir Lurgi yapay doğal gaz fabrikası, 410 milyon dolara malolmaktadır. Bu toplamda 60 milyon kömür madeni, 40 milyon da su şebekesine aittir. Gaz satış fiyatının 1,25 Dolar/milyon Btu olduğu hesaplanmaktadır.

Çizelge 10 da A. B. D. de Lurgi Yöntemiyle yapay doğal gaz üretimi için 1973 de yapılan maliyet tahminleri sonuçları özetlenmiştir.

Lurgi yönteminin elektrik enerjisi üretiminde kullanmak amacıyla düşük ısı değerli gaz üreten bir uygulaması Lüner'de (Almanya) bulunmaktadır. Akım şeması Şekil 9 da görülen fabrika 5 gazlaştırıcıdan oluşmakta ve 76 ton/saat yarı bitümlü kömürden, 6,8 milyon ft³/saat yakıt gazı üretmektedir. Toplam ısı verim % 36'dır ve bu alışlagelmiş tipteki güç istasyonlarına oranla % 15-20 daha azdır.

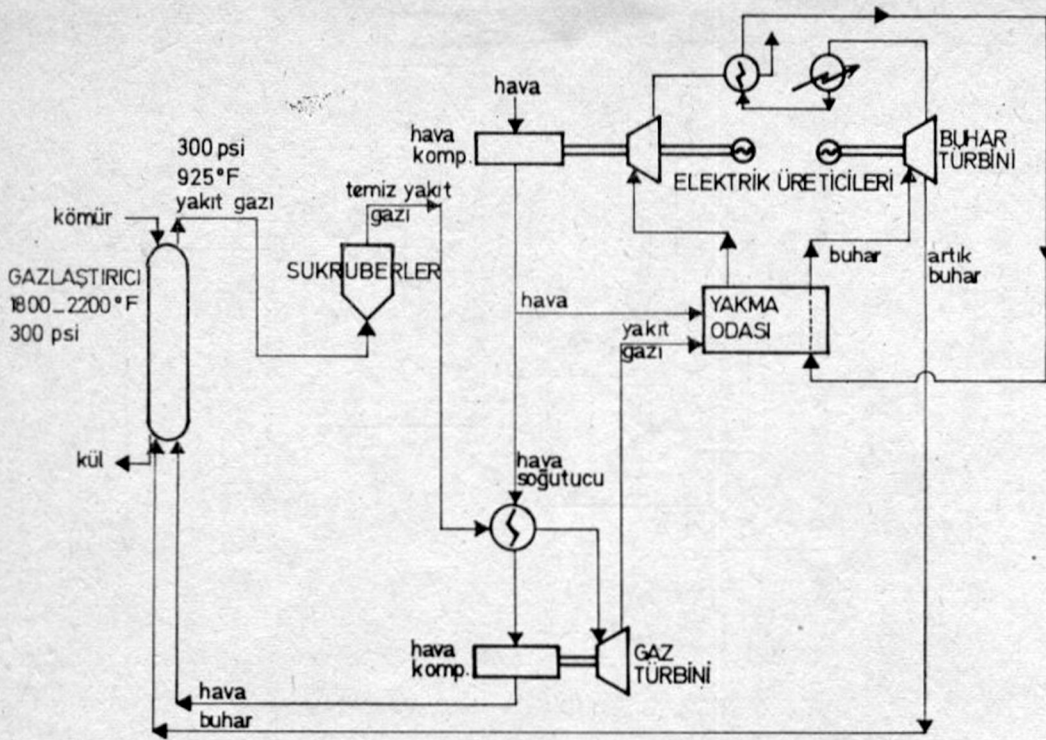
ÇİZELGE 10 — Lurgi Yöntemiyle Yapay Doğal Gaz Üretimi Maliyet Tahminleri

Çalışmayı Yapan	Üretim Yakıt Milyar Btu/gün	Üretim Milyon ft ³ /gün pipe-line gr.	Toplam Kapital Yatırım \$/Milyon	Yıllık İşletme Gideri Milyon/\$	Kapital Sarj'ı %15/Ya. \$/mil.Btu	İşletme gideri \$/mil. Btu	Kömür gideri \$/mil. Btu	Üretim gideri \$/mil. Btu
F.P.C.Lurgi-Bitümlü	237.2	250	347	23.1	66.5	29.5	54.1	150.1
F.P.C.New-Bitümlü	240.0	250	296	16.2	56.1	20.5	53.1	129.7
F.P.C.Lurgi-Batı	238.8	250	313	24.6	59.6	31.2	26.1	116.9
F.P.C.New-Batı	240.0	250	261	16.1	49.4	20.3	26.5	96.2
NPC Lurgi-Bitümlü	243.0	270	285	20.8	53.3	25.9	47.1	126.3
NAC Lurgi-Batı	243.0	270	241	18.6	45.1	23.2	23.6	91.9
N.A.E. Lurgi	235.0	240	318		61.5			
Fluor Lurgi-Batı	252.1	257	427		77.0	24.5	28.5	130.0

F. P. C. — Federal Power Commission

N. A. E. — National Academy of Engineering

N. P. C. — National Petroleum Council



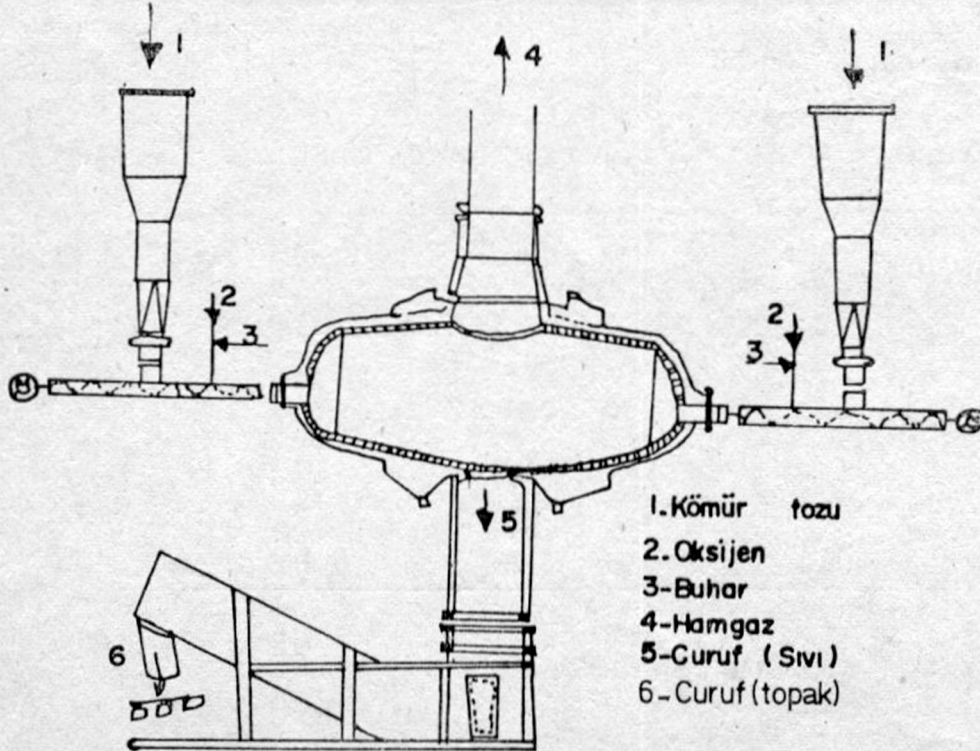
ŞEKİL 9 — Elektrik Enerjisi Üretiminde Kullanılan LURGI Yöntemi

3.2.2. KOPPERS - TOTZEK YÖNTEMİ

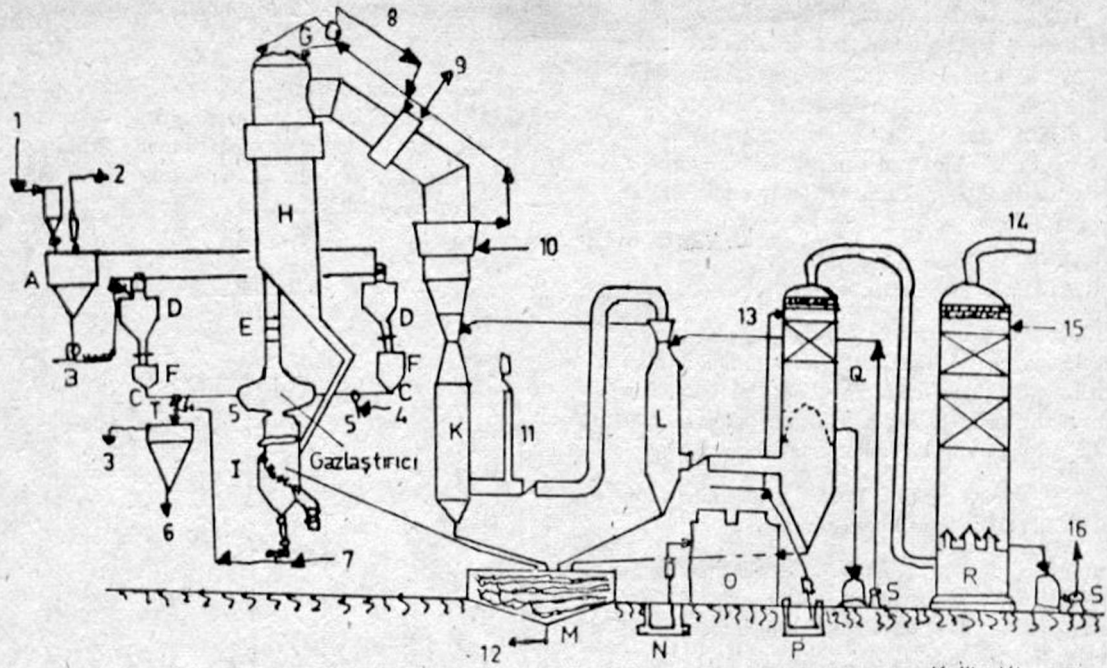
Bu yöntem dünyanın pek çok yerinde düşük, orta ve yüksek ısı değerli gaz üretiminde kullanılmaktadır. Üretilen gaz H_2 üretiminde, çeşitli sentezlerde, demir cevheri indirgenmesinde veya endüstriyel fırın-

larda ve buhar kazanlarında kullanılabilir. Bu yöntemle çalışan bir gazlaştırıcı Ca Kütahya'da bulunmaktadır.

Şekil 10 da bu yöntemde kullanılan gazlaştırıcı ve Şekil 11 de akım şeması görülmektedir.

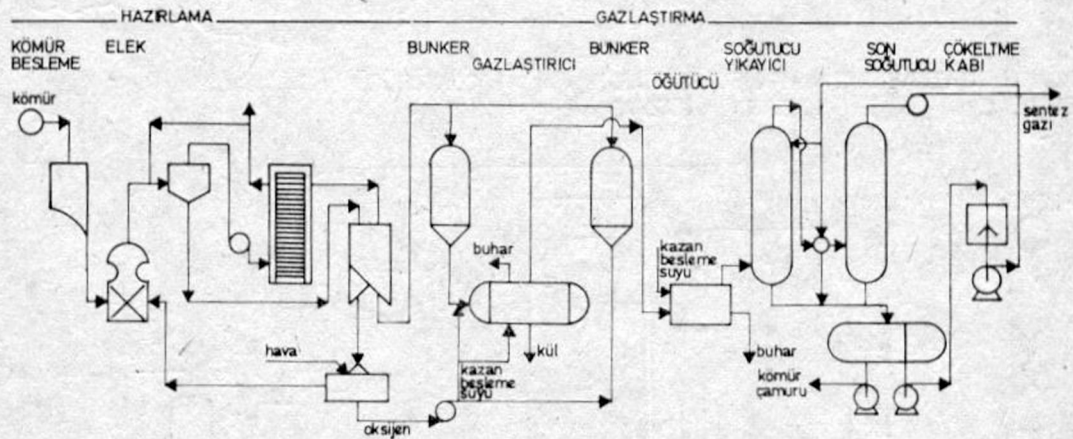


ŞEKİL 10 A — KOPPERS — TOTZEK Yöntemi



- | | | | |
|----------------------------|---|-----------------------|----------------------------------|
| 1. Öğütülmüş Kömür | 10. Kazan Besleme Suyu | A. Kömür Tuzu Bunkeri | K. İlk Yıkama |
| 2. N ₂ (Bacaya) | 11. Yakma Bacasına Verilen Gaz | B. Pnömatik Pompa | L. İkinci Yıkama |
| 3. Taşkan | 12. Şlam | C. Helikonlu Konveyör | M. Artık Havuzu |
| 4. Oksijen | 13. Soğutma | D. Ara Bunkeri | N. Ara Kabi |
| 5. Buhar | 14. Kükürdüzü Giderilmiş Gaz | E. Ham Gaz Çıkışı | O. Soğutma Kulesi |
| 6. Curuf (Kül) | 15. Absorblayıcı Madde | F. Kömür Verme Kabi | P. Ara Kabi |
| 7. Su | 16. Ayırıcıya Gönderilen Absorblayıcı Madde | G. Buhar Trommeli | Q. Hamgaz Soğutucu |
| 8. Doygun Buhar | | H. Artık Isı Kazanı | R. H ₂ S Absorblayıcı |
| 9. Aşırı Isıtılmış Buhar | | I. Curuf Soğutucu | S. Pompa |
| | | | T. Curuf Deposu |

ŞEKİL 10 B — KOPPERS — TOTZEK Yöntemi



ŞEKİL 11 — KOPPERS — TOTZEK Yöntemi Akım Şeması

Ön kurutmadan geçirilen ince öğütülmüş kömür, tek aşamalı, atmosferik basınçta çalışan akışkan yataklı gazlaştırıcıda, buhar ve oksijenle 815-1010°C'da tepkimeye girer. Artan kül erimiş curuf halinde alttan alınır. Kömürün büyük bir kısmı ise gazlarla

birlikte sürüklenir. Ham gaz daha sonra arıtma birimlerine gönderilir.

Yapay doğal gaz üretimi için yukarıda anlatılan yönteme H₂/CO oranı düzenleyen bir ayarlayıcı ve bir metanlaştırıcı eklenmiştir.

1972 de yapılan bir hesaplama göre, Koppers-Totzek yöntemiyle yapay doğal gaz üretiminde, maliyetin 1,35-1,40 \$/1000 ft³ gaz ölçüğü tahmin edilmektedir. Columbia Coal Gasification Corp. ve Canter Oil Şirketi ise, Illinois'de kuracağı 8.500.000 m³/gün kapasiteli bir fabrikanın 635 milyon \$'a malolacağını hesaplamaktadır. (Hesaplama 1975'de yapılmıştır.)

3.2.3. WINKLER YÖNTEMİ

Çeşitli ülkelerde (bu arada Türkiye'de) 36 gazlaştırıcıyı kapsayan 16 fabrikada kullanılmakta olan yöntemde, gazlaştırıcı ortamı oksijen ve buhardan oluşan, atmosferik basınçta çalışan, akışkan yataklı bir gazlaştırıcı tipi kullanılmaktadır.

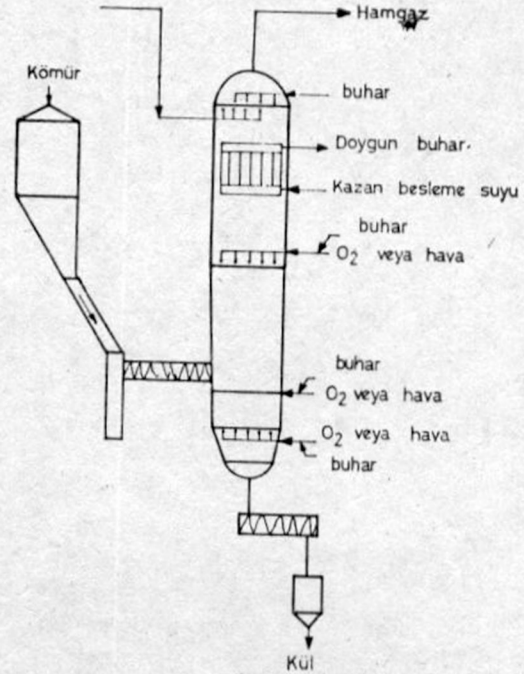
Gazlaştırıcı şeması Şekil 12 de, yöntemin akım şeması Şekil 13 de görülmektedir.

Yöntem genel olarak düşük ısı değerli gaz üretiminde kullanılmakla beraber, işletme koşullarının denetimiyle orta ve yüksek ısı değerli gaz üretiminde de kullanılabilir.

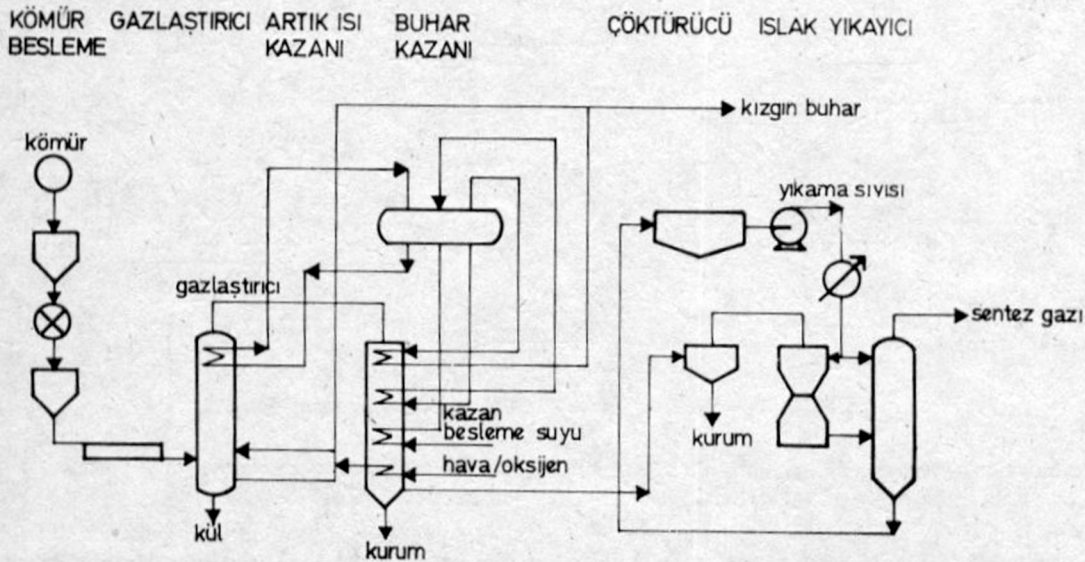
Her çeşit kömürle işleyebilen ve ısı verimi yaklaşık % 75 olan yöntemde öğütülmüş kömür 800-1000°C sıcaklıktaki akışkan yataktaki oksijen ve buharla gazlaştırılır. Üretim gazlarının duyulabilir ısısı buhar üretiminde ve gazlaştırıcı ortamın ön ısıtmasında kullanılır. Gazın içindeki katı parçalar bir siklonda tutulmaktadır. Çok yanıcı olan uçucu küllerin öğütülmüş yakıt yakıcılarında yakılması verimi artırabilir. Artan kül ise çok güçlü bir soğutucudur.

Yöntemin basınç altında çalışması denemeleri umut verici görülmektedir.

İşletme koşullarına bağlı olarak % 80'in üstünde CO+H₂ içeren üretim gazı, düşük ve orta değerli gaz, amonyak ve metanol için sentez gazı, indirgen gaz olarak veya daha fazla işleme yapay doğal gaz üretiminde kullanılabilir.



ŞEKİL 12 — WINKLER Gazlaştırıcısı



ŞEKİL 13 — WINKLER Yöntemi Akım Şeması

1975'de yarı bitümlü kömürler için ABD de yapılan fiyat tahminleri Çizelge 11 de verilmiştir.

ÇİZELGE 11 — Winkler Yöntemi İçin Fiyat Tahminleri (1975)

	Üretim	İşletme gideri \$/milyon Btu
Düşük Isı Değerli Gaz	18x10 ⁹ Kkal.	2
Orta Isı Değerli Gaz	21x10 ⁹ Kkal.	1,70
Amonyak	1.200 ton/gün	110
Metanol	5.000 ton/gün	65

3.2.4. BI-GAS (BCR) YÖNTEMİ

ECR, A. B. D. de kömür gazlaştırılması için geliştirilmekte olan önemli yöntemlerden biridir.

Akım şeması Şekil 14'de görülen yöntemde ana birim iki bölmeli, basınç altında çalışan, akışkan yataklı gazlaştırıcıdır. 2. Bölmeye verilen öğütülmüş kömür, buraca buhar, oksijen ve 1. bölmeden gelen sentez gazlarıyla tepkimeye girer. Artık kömür üretilen gazla birlikte gazlaştırıcıdan ayrılır, siklonda gazdan ayrılarak 1. bölmeye verilir. Bu-

rada oksijen ve buharla tepkimeye girerek 2. bölme için gerekli olan ısıyı ve sentez gazlarını verir.

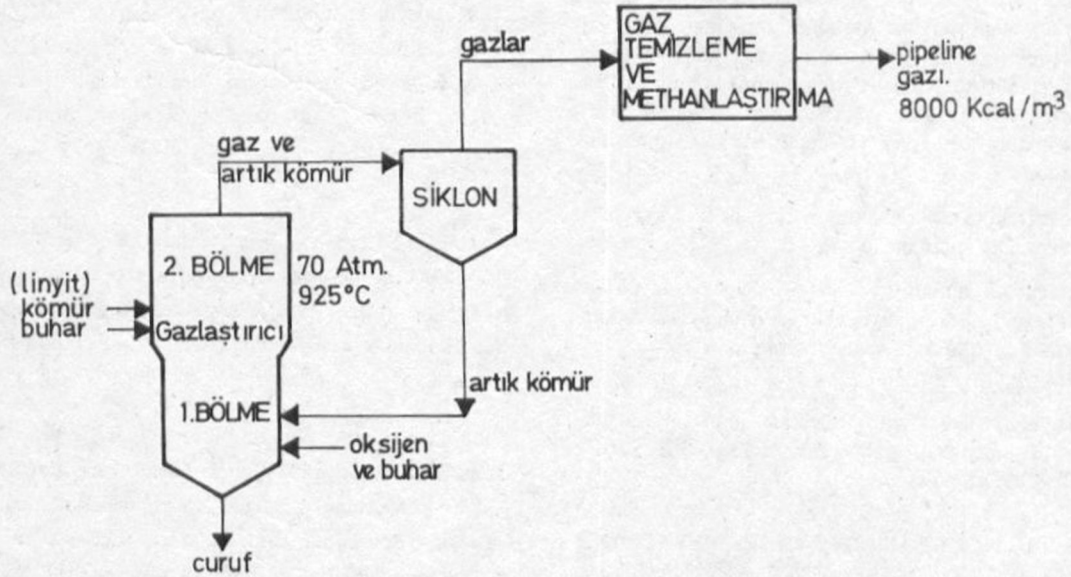
Siklondan çıkan ham gaz, kızdırıcıdan geçirilerek buhar eldesinde kullanılır. Daha sonra arıtılır. H₂/CO oranı su gazı tepkimesiyle düzenlenir, CO₂ ve H₂S gibi gazlardan arıtmak için sıyrıcıdan (Scrubber) geçirilir ve ısı değerini artırmak amacıyla metanlaştırılır.

Çalışmalarda, 5 ton/gün kapasiteli gazlaştırıcıda linyit kömürüyle başarılı sonuçlar alınmıştır. 1975 yılında 79 ton/gün sert kömür kullanarak 8500 kkal/Nm³ ısı değerinde yaklaşık 150.000 m³/gün gaz üretecek pilot tesisin çalışmaya başlayacağı belirtilmektedir.

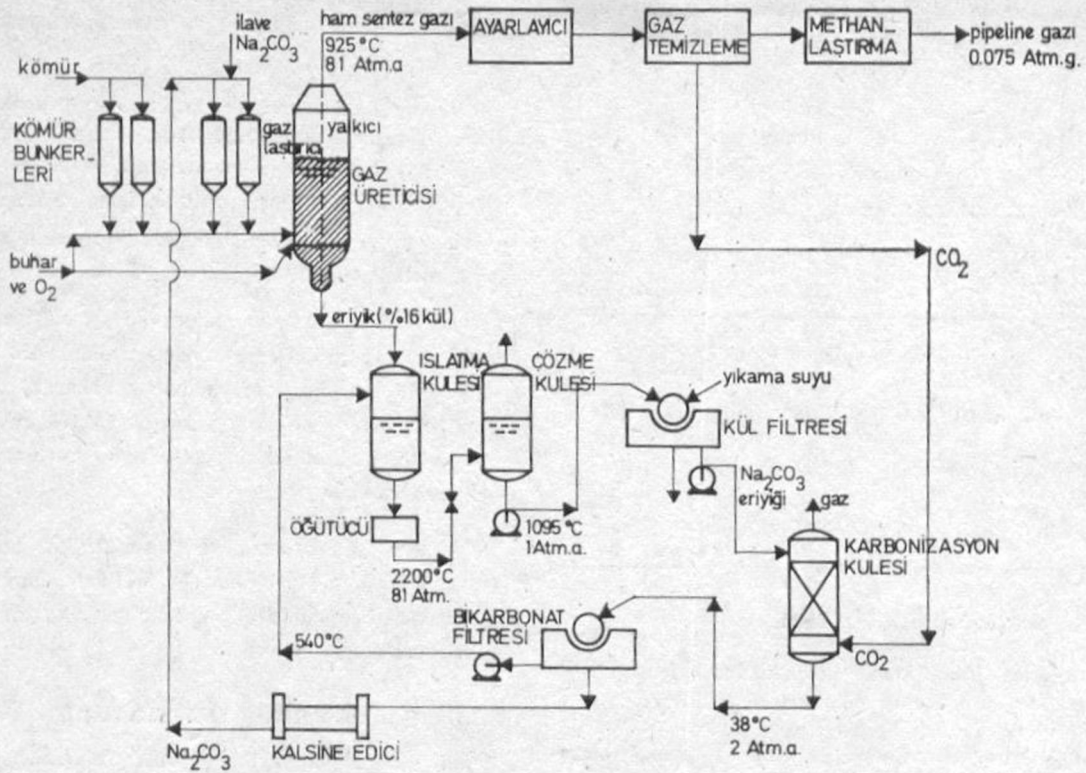
1.000.000 m³/gün kapasiteli bir fabrika için gerekli yatırımın 500 milyon \$ olacağı üretilen yapay doğal gazın maliyetinin 1,25-2 \$/milyon Btu olacağı belirtilmektedir.

3.2.5. KELLOG-ERİMİŞ TUZ YÖNTEMİ

Henüz denemeleri yapılan yöntemin özelliği, kömürün, içinden buhar geçirilen erimiş sodyum karbonat içinde gazlaştırılmasıdır. Sodyum karbonat düzenli bir ısı dağılımı sağlayan bir ısı taşıyıcı ve tepkimeler için iyi bir katalizör görevini görür. Akımın şeması Şekil 15 de görülmektedir.



ŞEKİL 14 — BCR Yöntemi Akım Şeması



ŞEKİL 15 — KELLOG — Erimiş Tuz Yöntemi Akım Şeması

Çok ince öğütülmüş kömür, içi erimiş sodyum karbonatla dolu iki bölümlü gazlaştırıcıya verilir. Gazlaştırma bölümünde kömür Na_2CO_3 'ün katalizörlüğü altında buhar ve oksijenle tepkimeye girer. Isı alıcı olan sodyum karbonat tepkimesi CH_4 oluşumu için gerekli ortam ısısını sağlar. Daha sonra erimiş tuz, kül ve tepkimemiş kömür, ikinci bölüme (yakıcı) alınırlar. Burada bu kömür yakılarak erimiş tuzu ısıtır ve sıcak tuz ısı taşıyıcı olarak kullanılır.

Gazlaştırıcının altından alınan tuz ve kül karışımı, karmaşık bir biçimde ayrılır.

Üst taraftan alınan gaz ise H_2/CO oranı düzenlenmesi için ayarlayıcıya gönderilir, içindeki safsızlıklardan arandıktan sonra metanlaştırılır.

1972'de yapılan bir hesaba göre, 7.000.000 m³ kapasiteli yapay doğal gaz fabrikası için gerekli yatırım 165 milyon \$, gazın satış fiyatı 66-79 \$/milyon Btu olmaktadır.

3.2.6. U. S. BUREAU OF MINES - SYNTHANE YÖNTEMİ

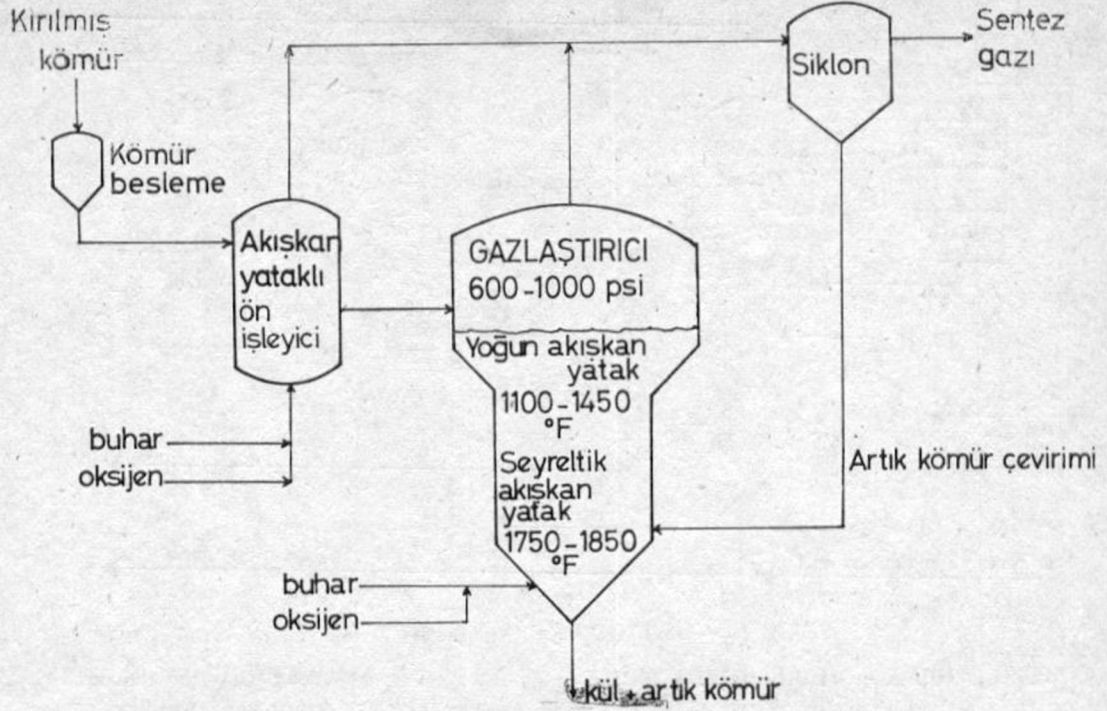
Yöntemin akım şeması Şekil 16'da görülmektedir.

Sürekli olarak kömürle beslenen gazlaştırıcıda gazlaşma 3 aşamada olur. Kömür, giriş yerindeki ilk bölmede buhar ve oksijenle tepkimeye sokularak, uçucuları alınır ve pastalaşma özelliği giderilir. Kömür üst taraftaki iki akışkan yatağa gönderilir. 400°C ve 68 atm. basıncındaki akışkan yataktaki üretilen ham gaz dışarı alınır. Metan içeriği %25 olan bu gaz yapay doğal gaza dönüştürülür.

Üstteki akışkan yataktan alttakine geçen kömür 950-1000°C'da oksijen ve buharla son bir gazlaştırma aşamasına uğratılır. Alttan alınan kül ve artık karbonlu macde buhar ve elektrik enerjisi üretiminde kullanılır.

Her cins kömür kullanımına elverişli olan yöntem, 70 ton/gün kapasiteli ve 40.000 m³/gün yapay doğal gaz üreten bir pilot tesiste denenmektedir.

1972'de yapılan bir tahmine göre, 7.000.000 m³ gaz üreten bir fabrika için gerekli anamal 195 milyon \$ gazın satış fiyatı 85 \$/milyon Btu dur.



ŞEKİL 16 — U. S. Bureau of Mines - Synthane Yöntemi Akım Şeması

3.2.7. U.S. BUREAU OF MINES - HYDRANE YÖNTEMİ

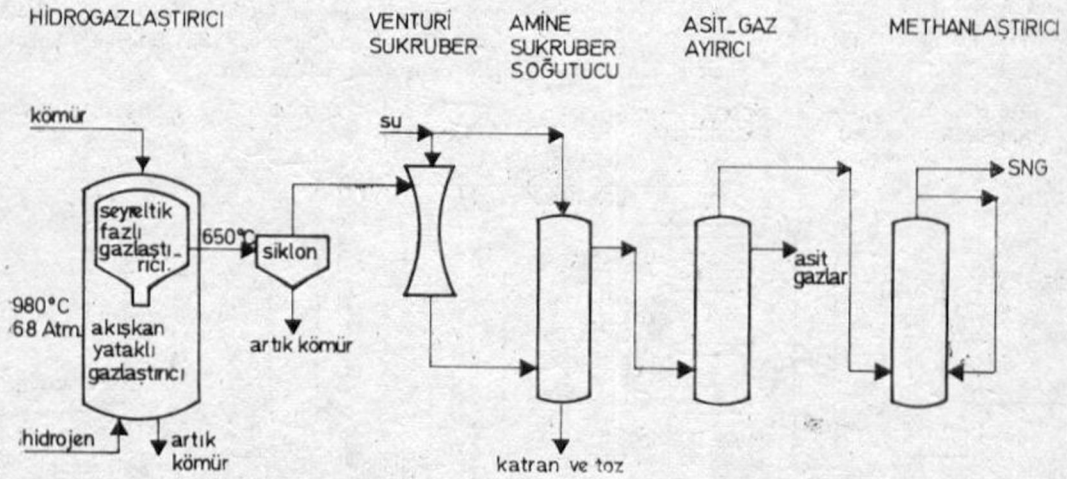
Akım şeması Şekil 17 de görülen yöntem, 2 bölmeli bir gazlaştırıcıyı, gaz arıtma ve metanlaştırma birimlerini kapsar.

İlkin seyreltik fazlı gazlaştırıcıda 980°C de, alttaki gazlaştırıcıdan gelen (% 50 H₂ ve % 45 CH₄ içeren) gazlarla kömürün pastalaşma özelliği giderilir. Daha sonra alttaki akışkan yataklı gazlaş-

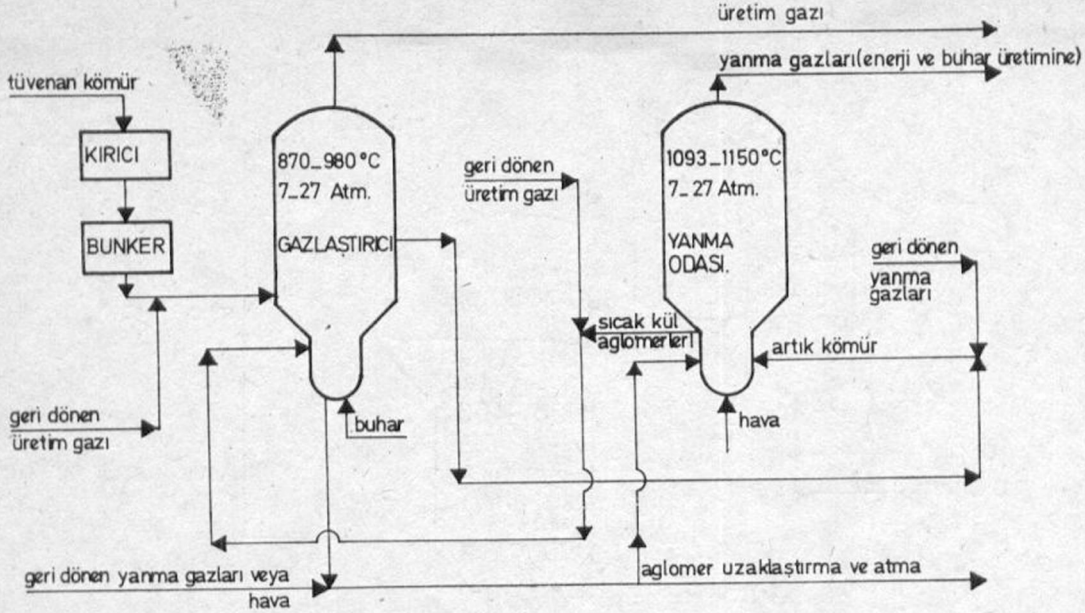
tırıcıda kömür, H₂ ile tepkiyerek yukarıda adı geçen gazları verir. Artık karbonlu madde H₂ üretiminde kullanılır.

Ham gaz H₂/CO oranı ayarlamasına gerek göstermeden metanlaştırılır ve yaklaşık 8500 kkal/Nm³ ısı değerli yapay doğal gaz üretilir.

Çalışmalar henüz pilot tesis aşamasındadır. 1960 de bir yöntem geliştirme biriminin kurulması planlanmıştır.



ŞEKİL 17 — HYDRANE Yöntemi Akım Şeması



ŞEKİL 18 — BATTLE - Kül Aglomerli Gazlaştırma Yöntemi

3.2.8. BATTLE-KÜL AGLOMERLİ GAZLAŞTIRMA YÖNTEMİ

Akım şeması Şekil 18 de görülen yöntem, iki akışkan yatak, gazlaştırıcı ve yakıcı arasında ısı taşıyıcı olarak sıcak kül aglomerlerini kullanır.

Gazlaştırıcıda buhar ve oksijenle tepkiyen kırılmış kömür sentez gazlarını verir. Artık kömür (char) sürekli olarak yanma odasında, içindeki uçucu kül aglomere olacak şekilde yakılır. Bu uçucu küller sürekli olarak iki yatak arasında dolaşan bir ısı taşıyıcı ortam yaratırlar ve gazlaştırıcıdaki ısı alıcı tepkimelerin gerçekleşmesini sağlarlar.

2600-2700 kkal/Nm³ ısı değerinde olan ham gaz H₂/CO oranı düzenlenmesi için ayarlayıcıdan geçirilir, arıtılır ve metanlaştırılır. Yapay doğal gazın ısı değeri 8900-9000 kkal/Nm³ olmaktadır.

Çalışmalar 25 ton/gün kapasiteli bir pilot tesiste sürdürülmektedir.

3.2.9. IGT-HYGAS YÖNTEMİ

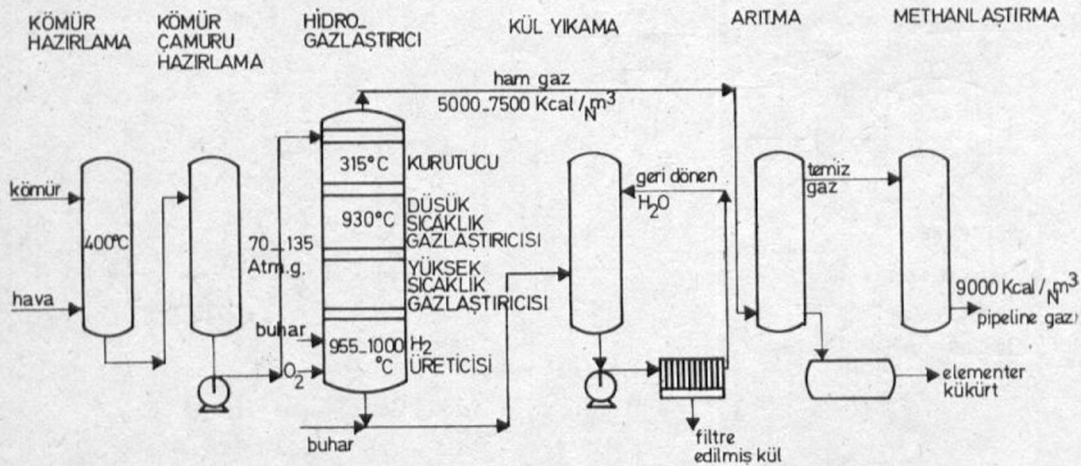
Akım şeması Şekil 19 da görülen yöntem kömürün

doğrudan hidrojenlenmesine dayanmaktadır. Yöntemde her cins kömür kullanılabilir.

Hafif bir yağ içinde çamur haline getirilen kömür 4 bölümden oluşan hidro-gazlaştırıcıya verilir. 1. bölümde, alttan gelen sıcak sentez gazlarıyla kurutulan kömür; 2. bölümde 3. bölümde gelen gazların içindeki H₂ ile tepkiyerek, yöntemde üretilen toplam metanın % 30 unu verir. Kısmen gazlaşan kömür bu kez 3. bölümde, 4. bölümden gelen H₂ ce zengin sentez gazlarıyla tepkiyerek, gene % 30 a yakın metan verir. Artık karbonlu madde 4. bölümde buharla tepkimeye sokularak H₂ ve CO üretiminde kullanılır.

Ham gaz arıtıldıktan sonra metanlaştırılarak 9000 kkal/Nm³ ısı değerli gaz elde edilir.

Şu anda 42.000 m³/gün lük bir pilot tesiste denemeler yapılmaktadır. Günde 5000 Ton kömürden 2.250.000 m³ gaz üretecek bir fabrika kurulması için çalışmalar başlamıştır.



ŞEKİL 19 — IGT - HYGAS Yöntemi Akım Şeması

1971 de 7.000.000 m³/gün kapasiteli bir fabrika için gerekli yatırımın 170 milyon \$ ve gaz satış fiyatının 75 \$/milyon Btu olacağı hesaplanmıştır.

3.2.10. CONSOLIDATION COAL-CO₂ ALICI YÖNTEMİ

Özellikle linyitlerin gazlaştırılması için geliştirilen yöntemin akım şeması Şekil 20'de görülmektedir. Isı taşıyıcı olarak kalsine dolomit kullanılır. Dolomit gerekli ısıyı iki şekilde sağlar; kalsinasyon sırasında elde edilen duyulabilir ısıyı gazlaştırıcıya getirerek ve dolomit içindeki CaO ile gaz içindeki CO₂ nin ısı verici tepkimesiyle.

Yöntem şu şekilde özetlenebilir; Ön hazırlamadan geçirilen kömür, ısıtıldıktan sonra 1. gazlaştırıcıda

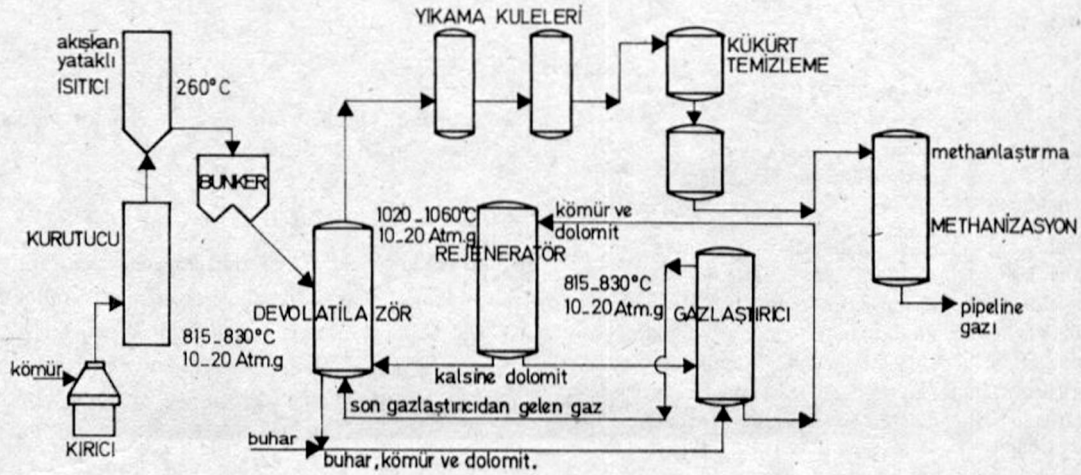
2. gazlaştırıcıdan gelen gazlar ve verilen buharla CH₄, CO ve H₂ oluşturmak üzere tepkir. Artık kömür ikinci gazlaştırıcıda buharla tepkimeye sokularak gaza dönüştürülür.

İki gazlaştırıcıda da ısı taşıyıcı olarak dolomit kullanılır. 2. safhadan çıkan char, dolomiti kalsine etmek için yakılır.

Ham gaz arıtdıktan sonra metanlaştırılarak, ısı değeri 8500 kkal/Nm³'e dek yükseltilir.

Çalışmalar 40 ton/gün linyit kullanarak 55-60.0000 m³ gaz üreten bir pilot tesiste sürdürülmektedir.

1972 de yapılan bir hesaplama göre 7.000.000 m³/gün kapasiteli bir fabrika için gerekli yatırım 180 milyon dolar, yapay doğal gaz satış fiyatı 75-80 \$/milyon Btu dur.



ŞEKİL 20 — Consolidation Coal - CO₂ Alıcı Yöntemi Akım Şeması

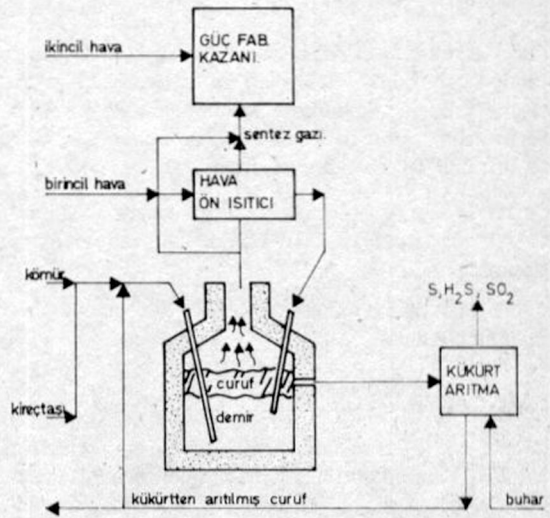
3.2.11. APPLIED TECHNOLOGY CORP-ATGAS YÖNTEMİ

Her cins kömür kullanımına elverişli olan akım şeması Şekil 21'de görülmektedir.

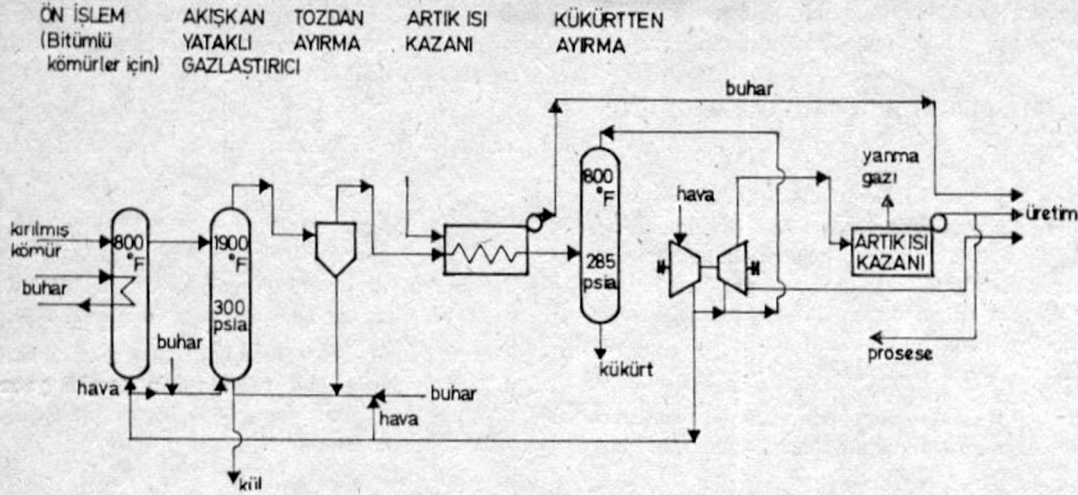
Tepkimeler düşük basınçta, tek aşamalı erimiş demir banyosunda gerçekleştirilir. Kömürdeki kükürt erimiş demir içine kireçtaşı eklenerek dene-tim altına alınır ve curufu uzaklaştırılır.

Oksitleyici olarak hava veya oksijen kullanılması-na göre düşük veya orta ısı değerli gaz üretilir. Yapay doğal gaz üretimi için O₂ kullanılarak üretilen gaz ayarlayıcıdan geçirilir, arıtılır ve metanlaştırılır.

Gazlaştırma aşaması 5 kg/dak. besi hızlı bir birim-de denenmiştir. 15 ton/saat besi hızlı bir birim kurulmak üzeredir.



ŞEKİL 21 — ATGAS Yöntemi Akım Şeması



ŞEKİL 22 — IGT-U-GAS Yöntemi Akım Şeması

3.2.12. IGT — U — GAS YÖNTEMİ

Özellikle yüksek kükürt içeren kömürlerin düşük ısı değerli gaza dönüştürülmesinde kullanılan yöntemi The Institute of Gas Technology geliştirmiştir.

Yöntemin akış şeması Şekil 22'de görülmektedir. Kırılmış kömür, gerekirse bir ön işlemden geçirilerek (bitümlü kömürler için), tek aşamalı, akışkan yataklı gazlaştırıcıda buhar ve havayla tepkimeye sokulur. Sıcak üretim gazlarının duyulabilir ısısı buhar üretiminde kullanılır. Daha sonra arıtılan gazdan elektrik enerjisi üretiminde yararlanır. Henüz ticari bir tesis kurulmamıştır. 1973'de yapılan bir hesaplama göre anamal gideri 216 \$/kurulu KW'tir. Kömürün gaza dönüştürme gideri 10-35 cent/10⁶ Btu dur.

3.2.13. UNITED AIR-CRAFT YÖNTEMİ

İlke olarak Lurgi'ye benzeyen yöntemde, kömür yatak sıcaklığı 815-980°C olan gazlaştırıcıda 70 atm. basınç altında tepkimeye sokulur. Gazlaştırıcının duvarlarına yerleştirilen borularda buhar üretilir ve ortamın ısı denetimi sağlanır.

Firma 3/4'ü gaz türbininde, 1/3'ü buhar türbininde olmak üzere, 250 MW'lık bir santral kurmayı planlamaktadır.

Yakıt gazı maliyetinin 40 cent/10⁶ Btu olacağı hesaplanmaktadır.

3.2.14. BCURA YÖNTEMİ

Kömür tek aşamada, basınçlı bir akışkan yataklı yakılır. Yanma verimi % 60-70 gibi oldukça yüksek değerlere ulaşır. Basınçlı akışkan yatak, yanma biriminin boyutlarının daha küçük olmasına olanak sağlar.

Bir yandan pilot tesis çalışmaları sürdürülürken öte yandan 140 MW'lık bir fabrikanın dizayn aşaması tamamlanmıştır.

3.2.15. WESTINGHOUSE YÖNTEMİ

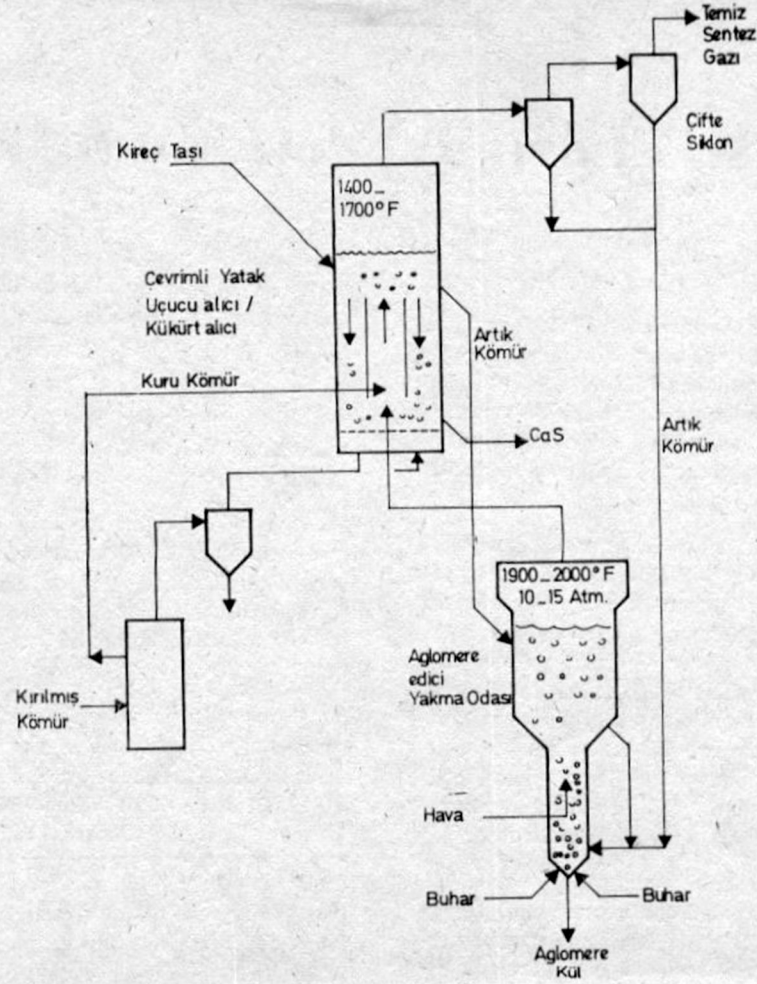
Akım şeması Şekil 23'de görülen yöntemde birbirini izleyen iki akışkan yataklı gazlaştırıcı kullanılır. 700-925°C sıcaklıktaki ilk yatakta kuru kömürün uçucuları, kükürtü alınır ve ikinci yataktan gelen gazlarla kömür hidrogazlaştırmaya uğratılır. Bu yatakta kireçtaşı kullanılmaktadır. Artık kömür kireç taşından ayrıldıktan sonra 980-1010°C sıcaklıktaki ikinci yatakta hava ve buharla tepkir. Elde edilen gazlar birinci yatağa gönderilir.

İlk yatakta üretilen gaz temizlenir ve gaz türbininde kullanılır.

1978 de ticari bir fabrika A. B. D. de Dresser'da işletmeye alınacaktır.

3.2.16. KÖMÜRÜN YER ALTINDA GAZLAŞTIRILMASI

Kömürün yer altında gazlaştırılması konusunda 1945 lerden sonra çalışmalar yapılmıştır. Yeraltı gazlaştırılmasının başlıca üstünlüğü çok az miktarda insan gücü kullanarak, sınırlı bir giderle, çıkarılmaya elverişli olmayan kömür yataklarının düşük ısı değerli gaz üretiminde kullanılması olmaktadır. Bu yöntemin en önemli uygulaması Sovyetler Birliği'nde görülmektedir. A.B.D.'de de bu konuda çalışmalar yürütülmektedir.



ŞEKİL 23 — WESTINGHOUSE Yöntemi Akım Şeması

4. SONUÇ VE ÖNERİLER

Görüldüğü gibi, pek çok ülkede, kömür teknolojisi üzerinde yoğun çalışmalar yapılmaktadır. Biz bu çalışmaları yalnız yöntem adları olarak izleyebiliyoruz. Oysa önemli ölçüde doğal gaz ve petrol rezervlerine sahip olmadığımız göre, kömürden üretilen gaz ve diğer ürünler bizim için çok önemlidir. (Gerek enerji üretimi ve gerekse kimyasal madde eldesi için) Eğer, hemen kendi teknoloji-mizi geliştirmek için tüm olanaklarımızı kullanmazsak, dışa bağımlılığımız daha da artacaktır. Bu konuda gereken önlemler ivedilikle alınmalı, araştırma çalışmalarına gereken önem verilmelidir.

Şu anda şehirci üretimimiz gereksinmeyi karşılayamamaktadır. Şehirci fabrikaları bulunan 3 büyük kentimizde bile, önemli miktarda sıvı petrol gazı kullanılmaktadır. Yüksek kapasitelerde çalışmanın daha ekonomik olacağı görüşünden yola çıkarak, yapay doğal gaz, çeşitli kimyasal mad-

deler, elektrik üreten birimleri kapsayan kompleks tesislerin kurulmasını bir öneri olarak getirebiliriz. Orta düzeyde doğal gaz tüketimi, birey başına yaklaşık 100 m³/yıldır.

10 milyon nüfus için bir yapay doğal gaz fabrikasının yıllık linyit kömürü gereksinmesini (liniyitin ısı değerini 4000 kkal/kg dolayında alarak) 3 milyon ton olarak hesaplayabiliriz. Fabrikanın ekonomik ömrünü 20 yıl olarak alırsak, bu 60 milyon tonluk bir rezerv gerektirir. Buna göre, Elbistan, Seyitömer, Çan, Soma ve Tunçbilek'te bu tip komplekslerin kurulması olasılıkları araştırılmalıdır. Ayrıca Beypazarı linyitleri de üzerinde durulmaya değer. Böylece yılda 1 milyar m³ yapay doğal gaz, 22.000 Ton NH₃, 200.000 Ton katran, 4.750 Ton Metanol ve 350 MW enerji üretimi sağlanabilir. Ayrıca yakıt olarak kullanılan büyük miktarda sıvılaştırılmış petrol gazının girdi olarak petrokimya tesislerine verilmesi sağlanır.